

Programa Presupuestal 0089
"Reducción de la Degradación de los Suelos
Agrarios"

Caracterización agroclimática
del Distrito de Huando,
Huancavelica



Programa Presupuestal 0089
“Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”

**Caracterización agroclimática del Distrito
de Huando, Huancavelica**

AMELIA DÍAZ PABLÓ

Presidenta Ejecutiva del SENAMHI

ESEQUIEL VILLEGAS PAREDES

Director Científico

IRENE TREBEJO VARILLAS

Directora General de Agrometeorología

KARIM QUEVEDO CAIÑA

Directora de Agrometeorología Aplicada

Equipo técnico

LUIS ANGEL CRUZADO CUZQUEN

MARÍA CABALLERO ESPEJO

GUISSEPPE VÁSQUEZ VILLANO

KARIM QUEVEDO CAIÑA

IRENE TREBEJO VARILLAS

MANUEL ORTEGA MAMANI

Esta publicación ha sido elaborada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) en el marco del Programa Presupuestal 0089 “Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios”.

Derechos Reservados

© Setiembre 2016

Impreso por: Corporación Genvida SAC

Dirección: Jr. Huancavelica N° 751 - Oficina 135 - Lima

Primera edición: 100 ejemplares

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 14081-2016

IMPRESO EN EL PERÚ

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	7
II.	DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	7
2.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA.....	7
2.2	HIDROGRAFÍA.....	8
2.3	FISIOGRAFÍA.....	9
2.4	SUELOS.....	10
2.5	ZONAS DE VIDA.....	12
2.6	USO ACTUAL DE LAS TIERRAS.....	13
2.7	CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS.....	14
2.8	ESTRUCTURA AGRARIA.....	15
2.8.1	Tierras agrícolas.....	15
2.8.1.1	Tierras de labranza.....	16
2.8.1.2	Tierras con cultivos permanentes.....	17
2.8.1.3	Tierras con cultivos asociados.....	18
2.8.2	Tierras no agrícolas.....	19
2.9	PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.....	20
2.9.1	Sector agrícola.....	20
2.9.2	Producción pecuaria.....	23
2.10	CULTIVOS PRIORIZADOS.....	25
III.	OBJETIVOS.....	25
3.1	Objetivo general.....	25
3.2	Objetivos específicos.....	25
IV.	METODOLOGÍA.....	26
4.1	BASE DE DATOS.....	26
4.1.1	Climática.....	26
4.1.2	Agrícola.....	29
4.2	EVALUACIÓN DE CULTIVOS.....	29
4.3	EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	30
4.4	PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS.....	33
V.	CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS.....	34

5.1	REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS, EDÁFICOS Y DE PAISAJE.....	34
5.1.1	Cebada grano.....	34
5.1.2	Haba.....	35
5.1.3	Maíz amiláceo.....	38
5.1.4	Papa mejorada.....	39
5.1.5	Papa nativa.....	41
5.1.6	Trigo.....	43
5.2	FENOLOGÍA.....	45
5.3	ESTACIONALIDAD HISTÓRICA DE LAS SIEMBRAS Y COSECHAS.....	48
5.3.1	Cebada grano.....	48
5.3.2	Haba.....	48
5.3.3	Maíz amiláceo.....	50
5.3.4	Papa.....	50
5.3.5	Trigo.....	51
VI.	COMPORTAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO AGRÍCOLA.....	52
6.1	TEMPERATURA DEL AIRE.....	52
6.1.1	Distribución temporal.....	52
6.1.2	Distribución espacial.....	54
6.1.2.1	Temperatura media.....	55
6.1.2.1.1	A nivel estacional.....	55
6.1.2.1.2	A nivel del período agrícola.....	57
6.1.2.2	Temperatura máxima.....	58
6.1.2.2.1	A nivel estacional.....	58
6.1.2.2.2	A nivel del período agrícola.....	58
6.1.2.3	Temperatura mínima.....	60
6.1.2.3.1	A nivel estacional.....	60
6.1.2.3.2	A nivel del período agrícola.....	61
6.2	HELADAS METEOROLÓGICAS Y AGRONÓMICAS.....	61
6.2.1	Heladas meteorológicas.....	63
6.2.2	Heladas agronómicas.....	65
6.3	PRECIPITACIÓN.....	70

6.3.1	Inicio del período lluvioso.....	70
6.3.2	Distribución temporal.....	72
6.3.3	Distribución espacial.....	74
6.3.3.1	A nivel estacional.....	74
6.3.3.2	A nivel del período agrícola.....	76
6.4	SEQUIAS AGRÍCOLAS.....	77
6.5	EVAPOTRANSPIRACIÓN REFERENCIAL.....	78
6.5.1	Distribución temporal.....	79
6.5.2	Distribución espacial.....	81
6.5.2.1	A nivel estacional.....	81
6.5.2.2	A nivel del período agrícola.....	81
6.6	HUMEDAD RELATIVA.....	83
6.6.1	Distribución temporal.....	83
6.6.2	Distribución espacial.....	84
6.6.2.1	A nivel estacional.....	84
6.6.2.2	A nivel del período agrícola.....	84
6.7	RADIACIÓN SOLAR.....	86
6.8	VIENTO.....	87
6.8.1	Distribución temporal.....	88
6.8.2	Distribución estacional.....	89
6.9	BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA.....	91
6.9.1	Cebada grano.....	91
6.9.2	Haba.....	93
6.9.3	Maíz amiláceo.....	95
6.9.4	Papa.....	97
6.9.5	Trigo.....	99
VII.	PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS.....	101
7.1	PERCEPCIONES DE LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.....	101
7.2	PERCEPCIONES DEL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.....	102

7.3	PERCEPCIONES SOBRE VARIEDADES DE CULTIVOS SENSIBLES Y ADAPTADOS A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA.....	105
7.4	PERCEPCIONES SOBRE MEDIDAS PARA CONTRARRESTAR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.....	106
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108

CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL DISTRITO DE HUANDO, DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA

I. INTRODUCCIÓN

El Distrito de Huando se caracteriza por presentar terrenos agrícolas dedicados a la siembra de una diversidad de cultivos anuales que contribuyen a la seguridad alimentaria del poblador local. Estos cultivos se siembran mayormente en áreas agrícolas bajo secano (INEI, 2012), en sistemas de producción donde el rendimiento de las plantas depende de la interacción: planta, suelo y clima.

El clima es un recurso natural que afecta a la producción agrícola en el Distrito de Huando. Entender la importancia de las condiciones climáticas que inciden sobre el crecimiento y producción de los cultivos, mediante la caracterización espacial y a través del tiempo, permite valorar el potencial de los elementos del clima disponible, sus restricciones y posibles efectos en los sistemas de producción en Huando. Por ello es necesario estudiar la climatología del área de estudio y la variabilidad histórica de los parámetros climáticos más relevantes para la producción agrícola tales como la temperatura del aire, precipitación, evapotranspiración referencial y humedad relativa del aire. Asimismo para complementar la información climatológica también es importante realizar el estudio del régimen hídrico en base a modelos de balance hídrico de suelos, a fin de conocer la disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas.

En este contexto y en el marco del Programa Presupuestal 0089: Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios se realiza la caracterización agroclimática del Distrito de Huando con la finalidad de establecer las limitaciones y posibilidades de la producción agrícola en el área de estudio. Para tal fin se utilizó información histórica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la información generada en la actividad 1.3 del PP 0089: Generación de información de levantamiento de suelos, de zonificación agroecológica, medición del deterioro del suelo e investigación en cultivos de acuerdo a la aptitud de suelos; así como de estadísticas agrícolas del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). Se emplearon índices agroclimáticos, softwares y aplicativos para tal fin.

Los resultados obtenidos en el presente estudio proporcionan herramientas técnicas de información para los diferentes usuarios y tomadores de decisión involucrados en el sector agrícola con la finalidad que identifiquen en que época del año el recurso climático es óptimo para la producción de sus cultivos.

II. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

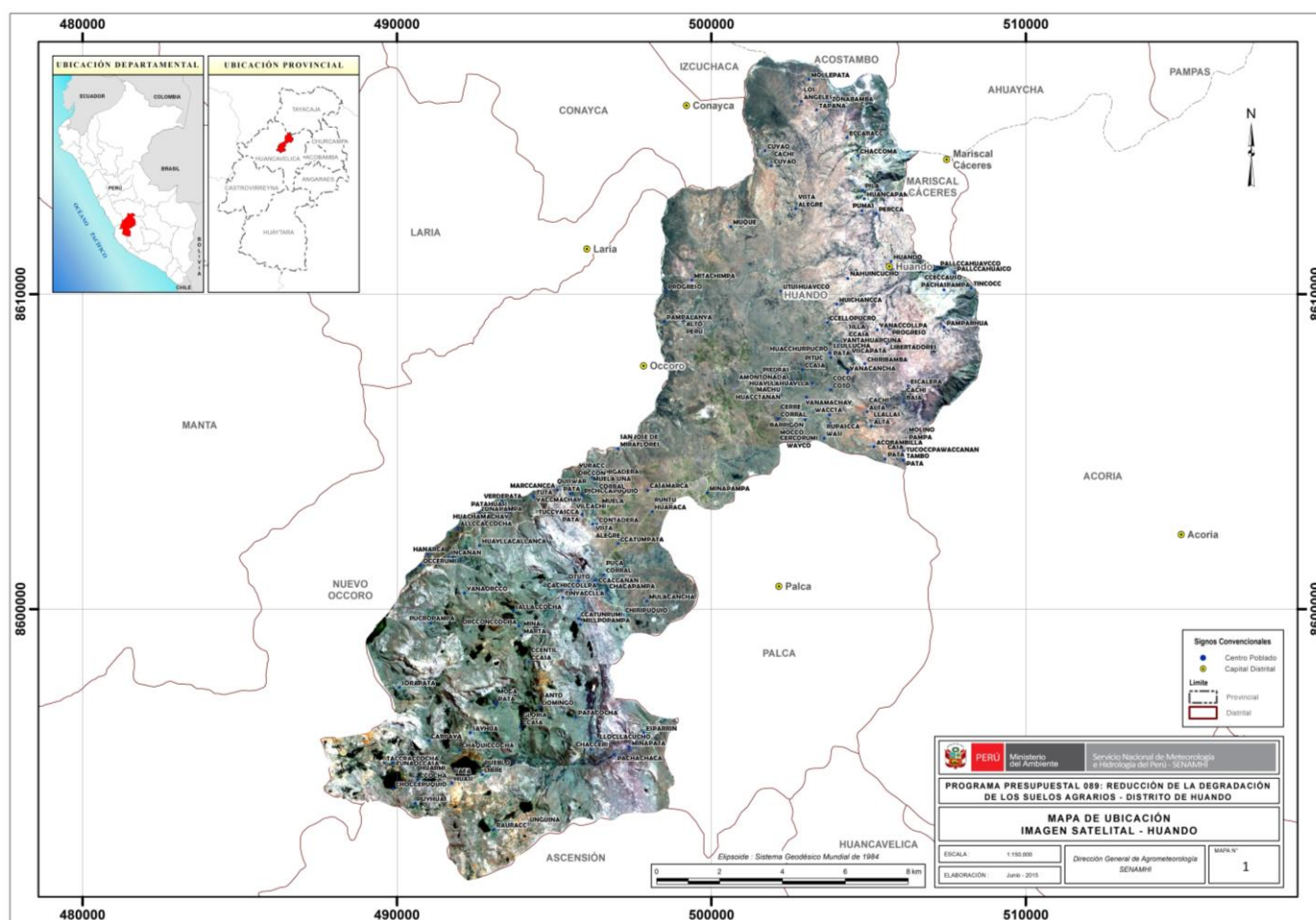
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICA

El área de estudio comprende el Distrito de Huando ubicado en la Provincia de Huancavelica, Departamento de Huancavelica, en la margen derecha del río Mantaro y al sur del río Ichu. Geográficamente se encuentra comprendido entre los paralelos 12°35'06"

de latitud sur y los 74°55'52" de longitud oeste, y a una altitud de 3488 msnm. Presenta una superficie de 193,9 km², el cual representa el 4,82% del territorio provincial (INEI, 2015).

El Distrito de Huando limita por el norte con los Distritos de Izcuchaca y Acostambo (Provincia de Huancavelica), por el sur con los Distritos de Palca y Ascensión (Provincia de Huancavelica), por el este con los Distritos de Acoria y Mariscal Cáceres (Provincia de Huancavelica), y por el oeste con los Distritos de Laria, Nuevo Occoro y Conayca (Provincia de Huancavelica) (Mapa 1).

Mapa 1. Mapa de ubicación del Distrito de Huando



Fuente: Elaboración SENAMHI

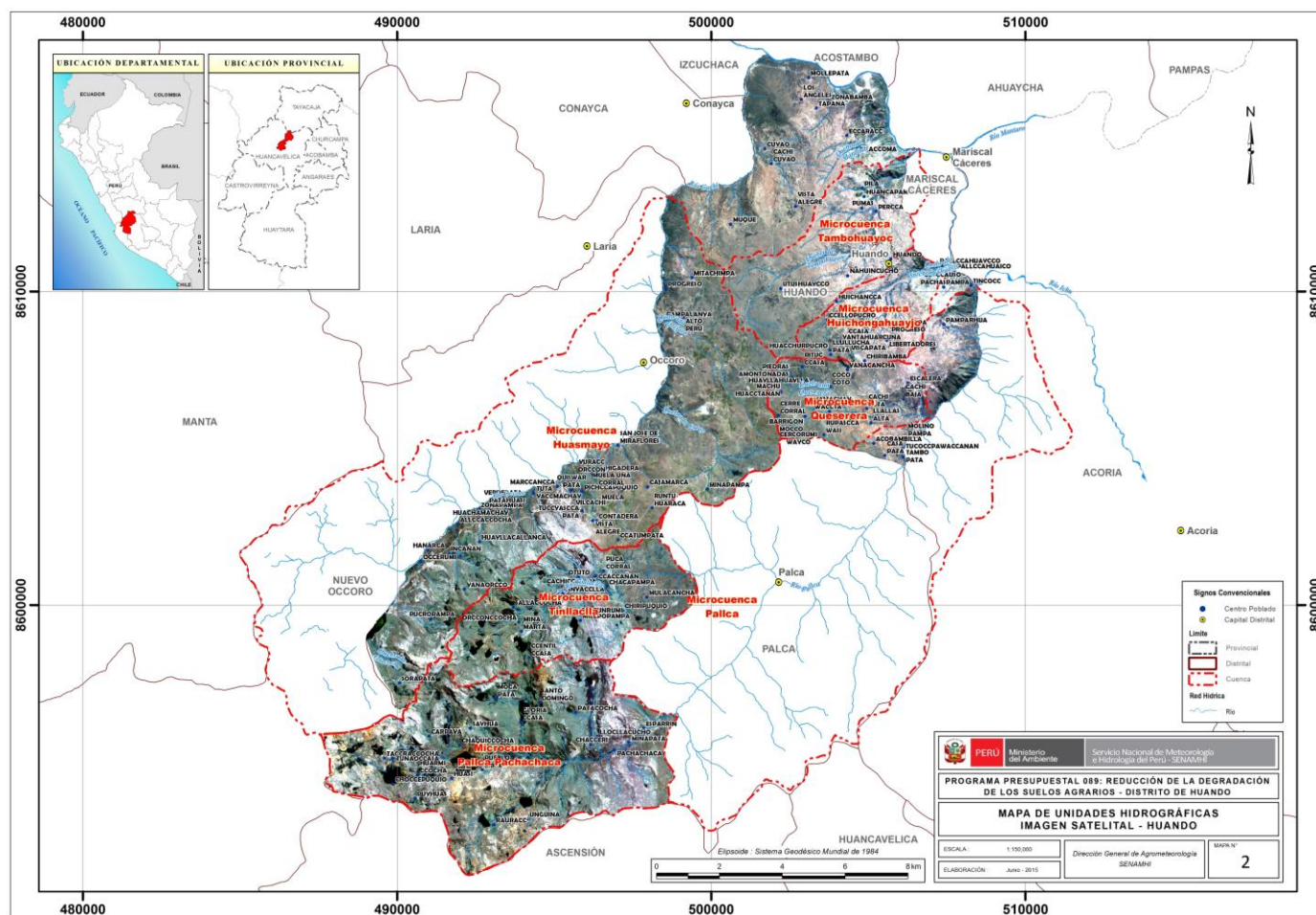
2.2 HIDROGRAFÍA

Hidrográficamente, el Distrito de Huando se encuentra localizado en la margen derecha del río Mantaro. De acuerdo a la información proporcionada por la ONG CEPES y CICDA (2005), en base al levantamiento del Inventario de Recursos Hídricos, el área de estudio

presenta en su superficie 16 lagunas, 8 ríos y 63 manantiales. El río Cachi es el único de cierta importancia que cruza el distrito.

La delimitación hidrográfica, realizada por la Dirección de Recursos Hídricos del SENAMHI (2015), indica que el Distrito de Huando presenta 7 microcuencas. Las microcuencas de Tinllaclla, Queserera, Alauma, Tambohuayoc y Huichongahuaycco se encuentran dentro del área de estudio, por otro lado, las microcuencas de Pallca-Pachachaca y Occoro son compartidas entre los Distritos de Huando, Palca y Occoro (Mapa 2).

Mapa 2. Unidades hidrográficas del Distrito de Huando



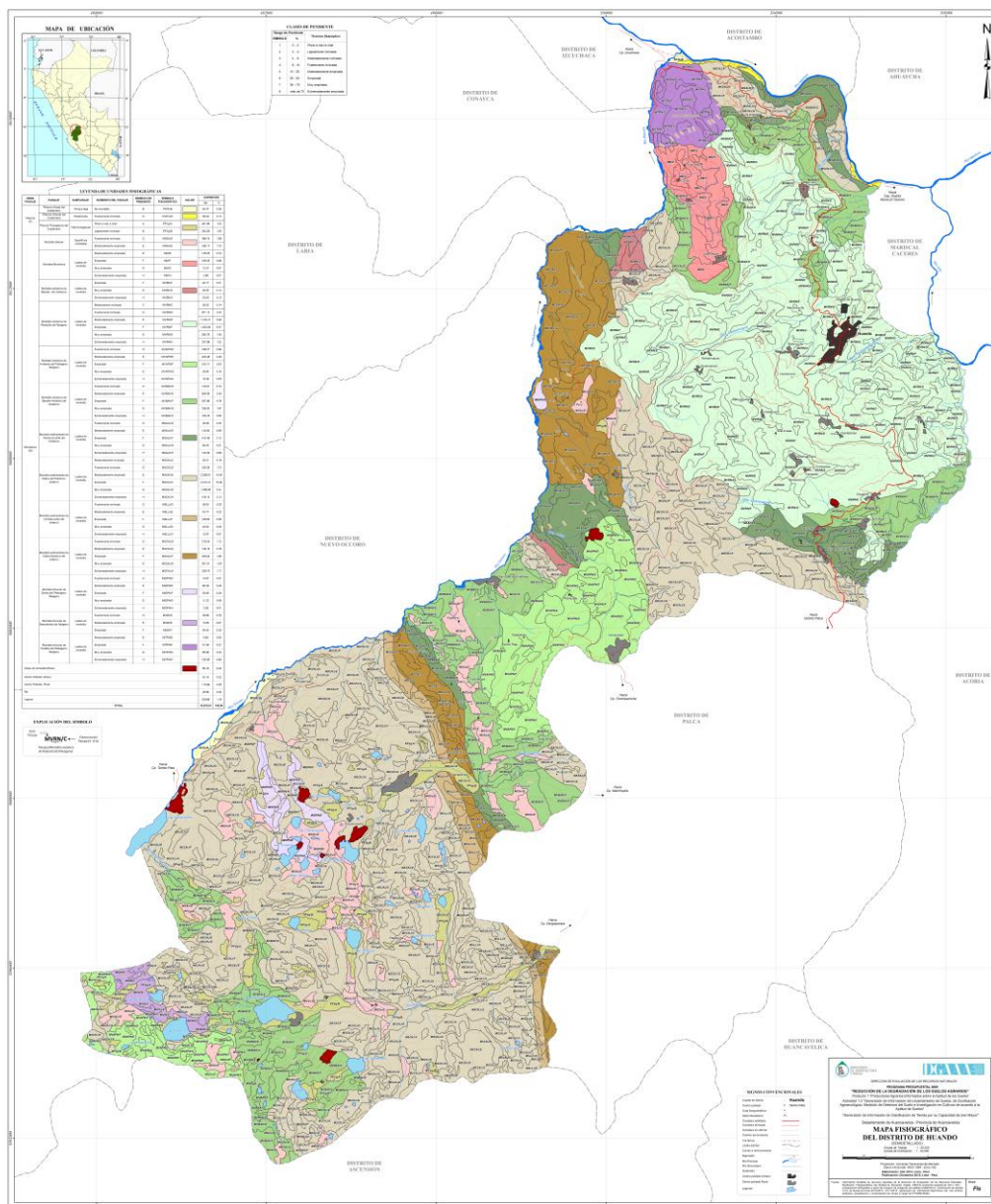
Fuente: Elaboración SENAMHI

2.3 FISIOGRAFÍA

De acuerdo a la clasificación fisiográfica realizada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del Distrito de Huando, el área de estudio presenta variadas unidades fisiográficas caracterizadas por presentar planicies y áreas montañosas de

diferente subpaisaje (terrazas, piedemontes, valles, laderas) y pendiente (nulas a extremadamente empinadas). La Figura 1 muestra las diferentes unidades fisiográficas identificadas en el área de estudio.

Figura 1. Unidades fisiográficas en el Distrito de Huando



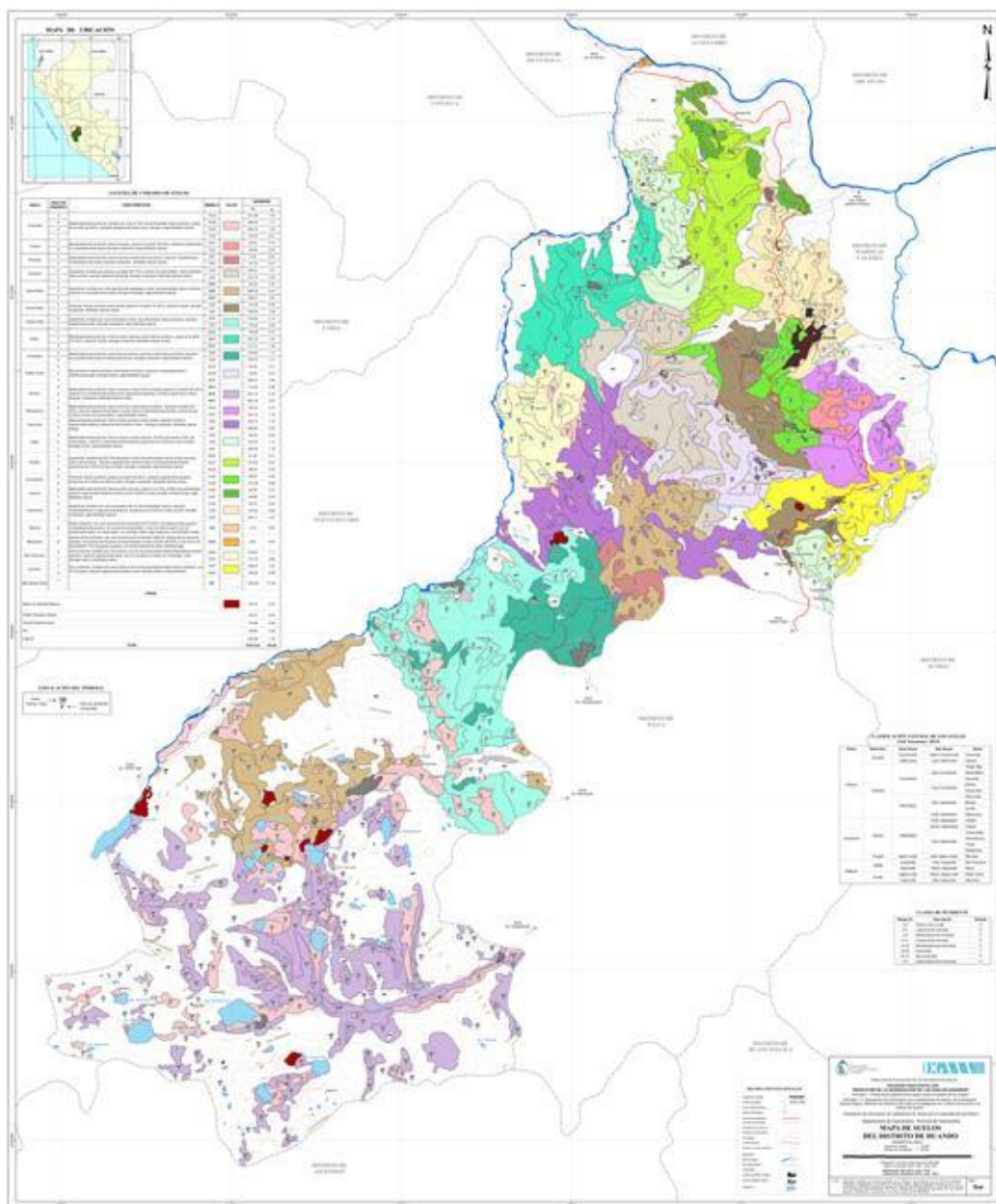
Fuente: DGAAA-MINAGRI (2016)

2.4 SUELOS

En el Distrito de Huando, según la clasificación natural de los suelos, predominan tres órdenes de suelos: Entisoles, Inceptisoles y Mollisoles. La Dirección General de Asuntos

Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del Distrito de Huando, identificó 22 unidades de suelos, cada uno caracterizado por presentar diferentes fases por pendiente y variadas propiedades físico-químicas. La Figura 2 presenta las diferentes unidades de suelo identificadas en el área de estudio.

Figura 2. Unidades de suelo en el Distrito de Huando

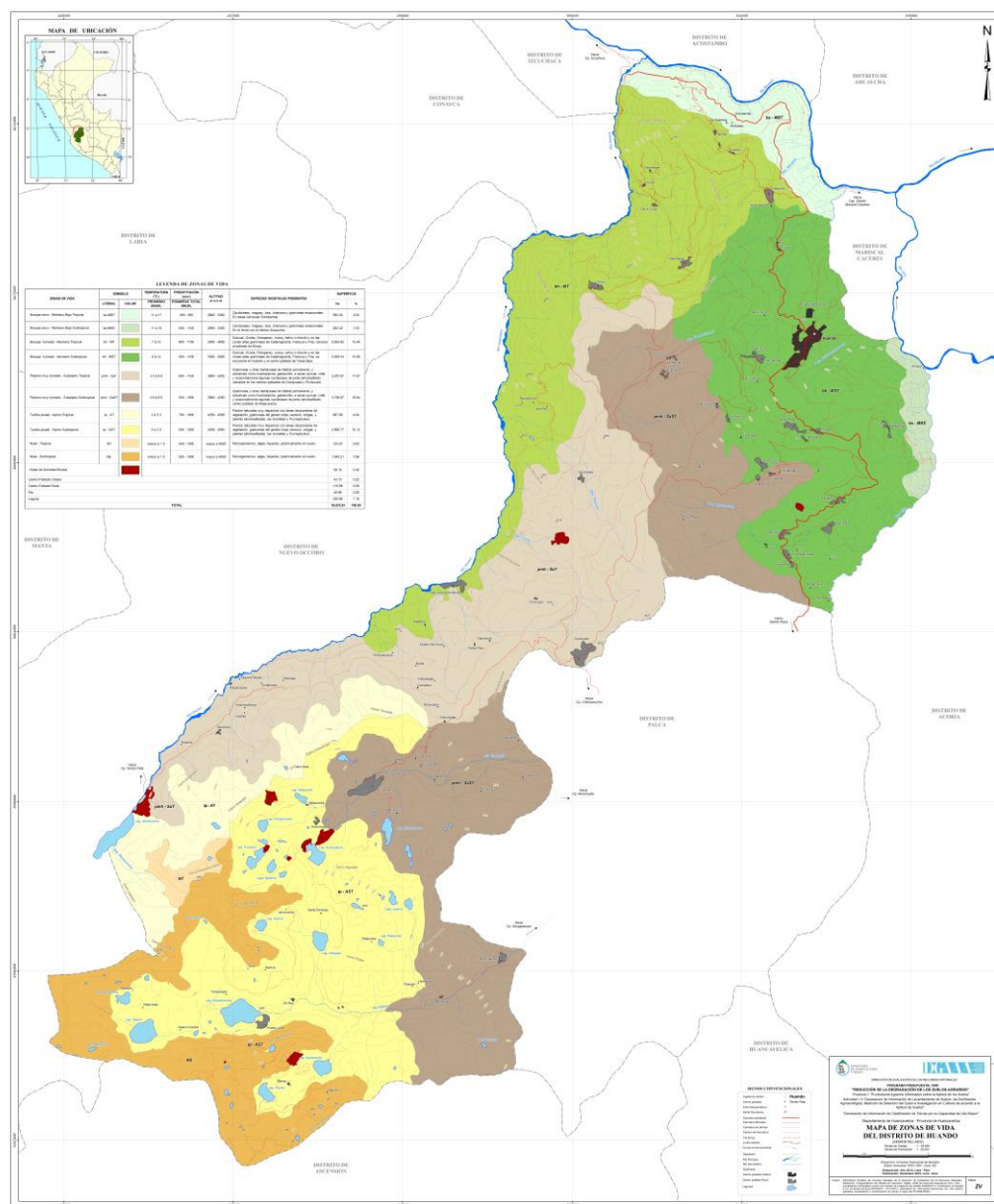


Fuente: DGAAA-MINAGRI (2016)

2.5 ZONAS DE VIDA

Tomando como referencia el comportamiento térmico, pluvial y altitudinal que presenta el Distrito de Huando, la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), durante la Zonificación Agroecológica del área de estudio, identificó 10 zonas de vida (bosques secos y húmedos, paramos muy húmedos, tundras pluviales y nivales), las cuales se encuentran distribuidas espacialmente en la Figura 3.

Figura 3. Zonas de vida en el Distrito de Huando

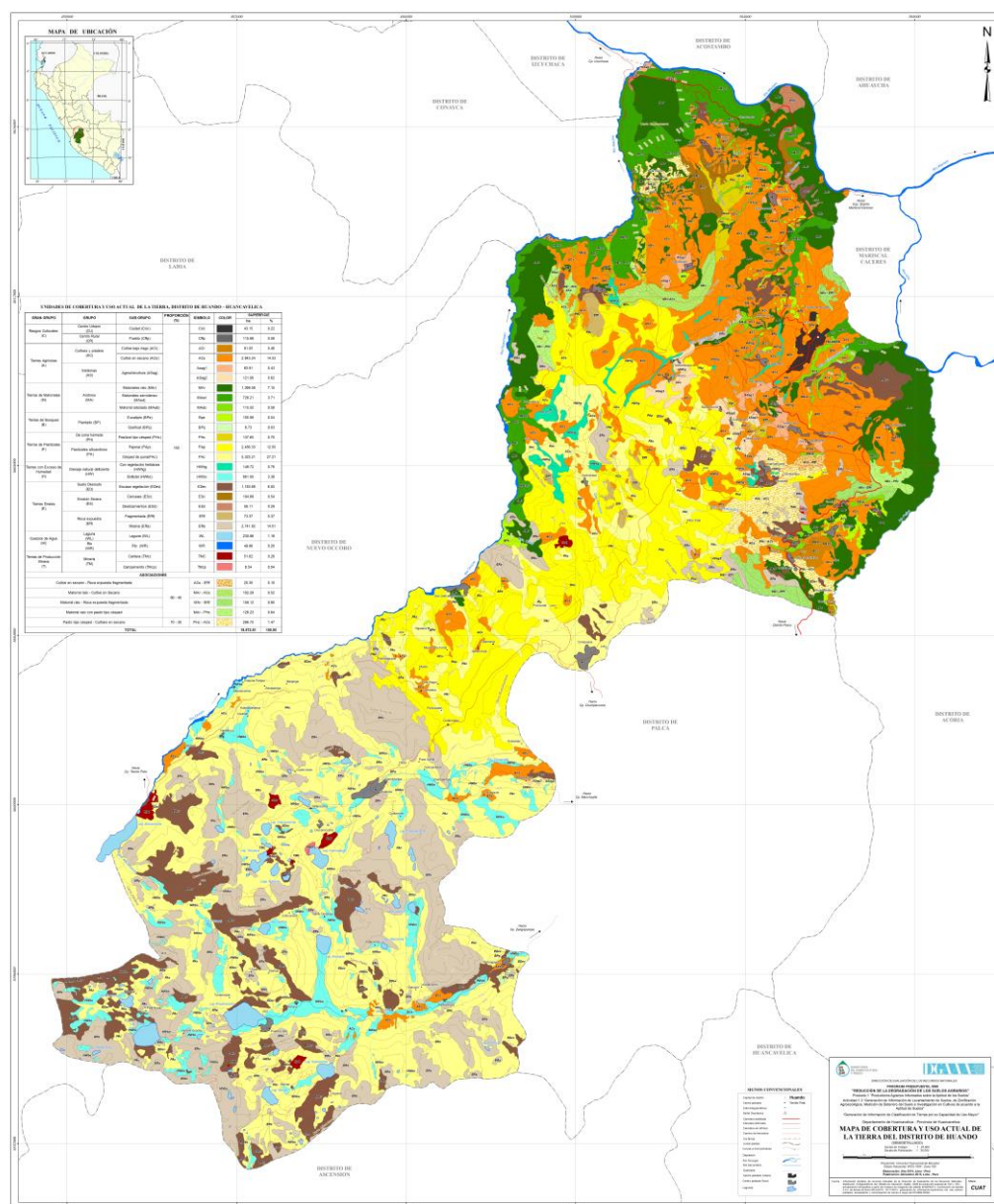


Fuente: DGAAA-MINAGRI (2016)

2.6 USO ACTUAL DE LAS TIERRAS

En el Distrito de Huando, el uso actual de las tierras se ha agrupado en 9 grandes grupos y 5 asociaciones según el trabajo realizado por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) durante la Zonificación Agroecológica del área de estudio. Las tierras agrícolas con cultivos y praderas (bajo riego y en secano) se ubican principalmente en la parte baja y los pastizales altoandinos en la parte media del distrito (Figura 4).

Figura 4. Uso actual de las tierras en el Distrito de Huando

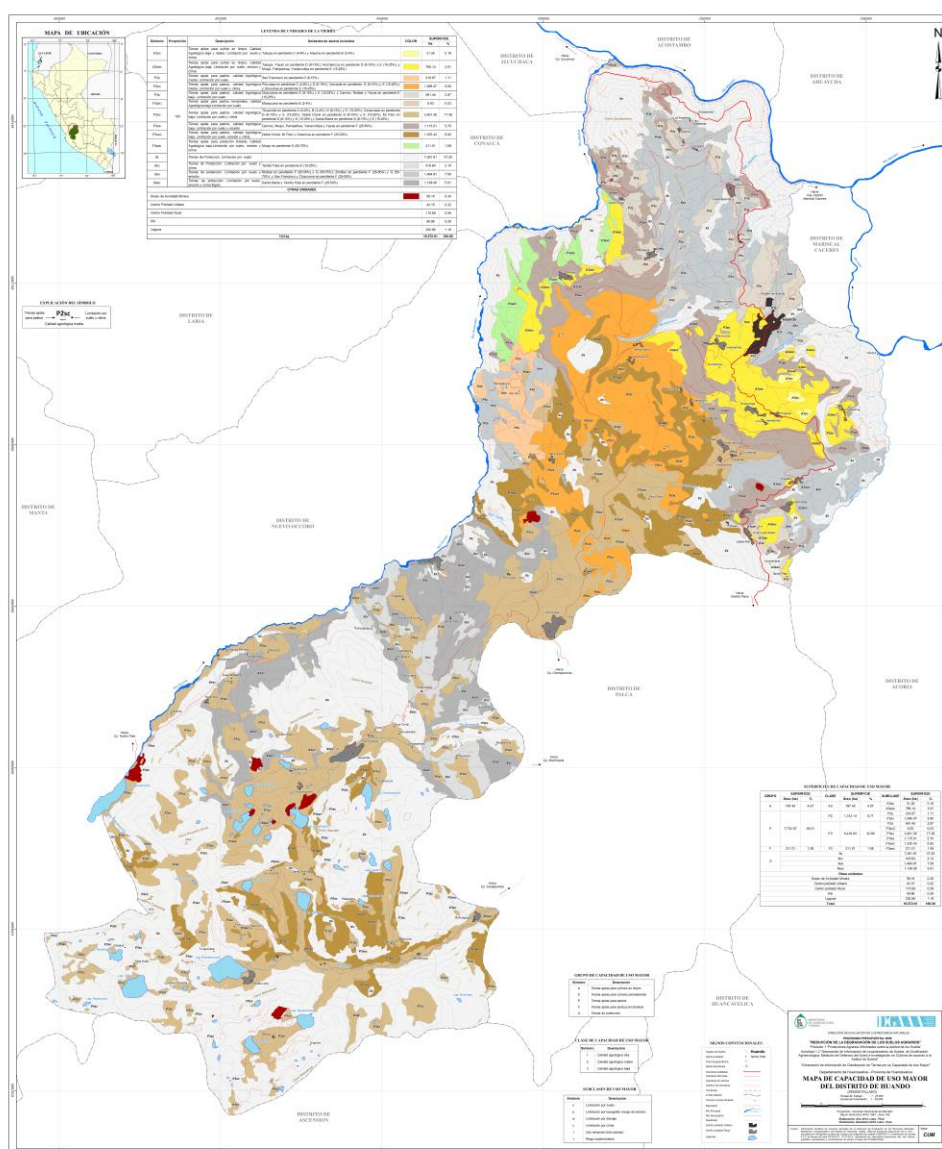


Fuente: DGAAA-MINAGRI (2016)

2.7 CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS

En el Distrito de Huando predominan en mayor proporción las tierras con aptitud para protección, seguido de las tierras para la producción de pastos (P2 y P3) y cultivos en limpio (A3) según el trabajo realizado por la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios (DGAAA) del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) durante la Zonificación Agroecológica del área de estudio. La Figura 5 muestra las capacidades de uso mayor de las tierras en el área de estudio haciendo énfasis en las unidades de suelo presentes en cada una de ellas.

Figura 5. Capacidad de uso mayor de las tierras en el Distrito de Huando



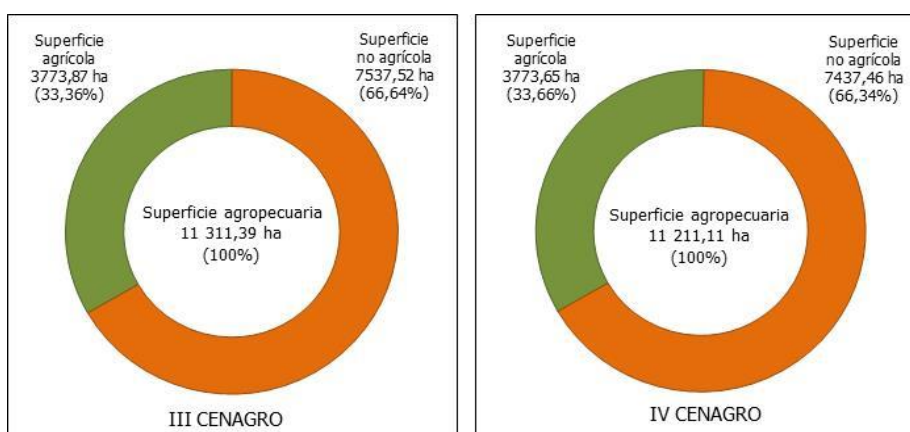
Fuente: DGAAA-MINAGRI (2016)

2.8 ESTRUCTURA AGRARIA

En el Distrito de Huando, la superficie dedicada a la actividad agropecuaria se caracteriza por presentar dos tipos de tierras: agrícolas y no agrícolas (pastos naturales, montes y bosques y otras clases de tierras).

Según el IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), la superficie del área de estudio fue de 11 211,11 ha de las cuales el 33,66% (3773,65 ha) corresponden a tierras agrícolas y el 66,34% (7437,46 ha) a tierras no agrícolas. Asimismo, el Distrito de Huando está conformado por 1493 unidades agropecuarias y 5475 parcelas correspondientes a comunidades campesinas que tienen más de 50 ha (Figura 6).

Figura 6. Componentes de la superficie agropecuaria en el Distrito de Huando

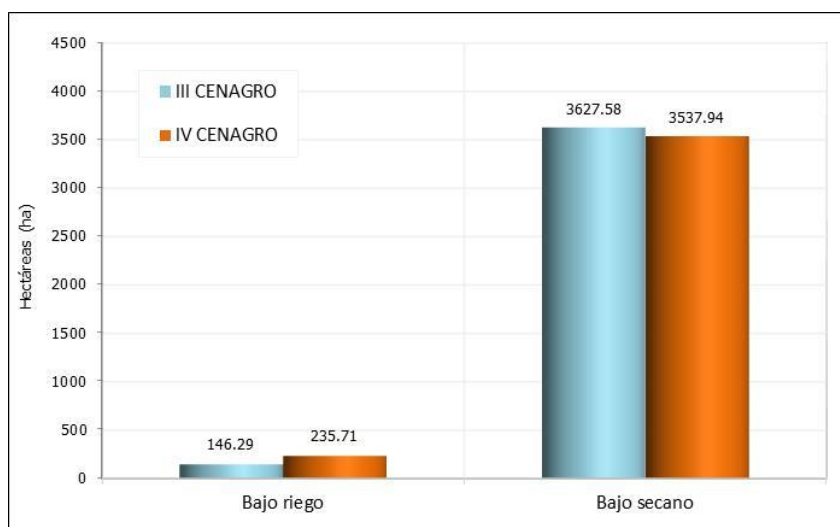


Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012)

2.8.1 Tierras agrícolas

La superficie agrícola está conformada por tierras bajo riego y en seco. Entre los años 1994 y 2012, las áreas bajo riego se han incrementado en 89,82 ha y en seco se han reducido en 89,64 ha), debido a la ejecución de los proyectos de mejoramiento de sistemas de riego que aprovechan las aguas procedentes de los ríos, lagunas, manantiales, pequeños reservorios y pozos (Figura 7).

Figura 7. Superficie agrícola bajo riego y en secano en el Distrito de Huando



Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012)

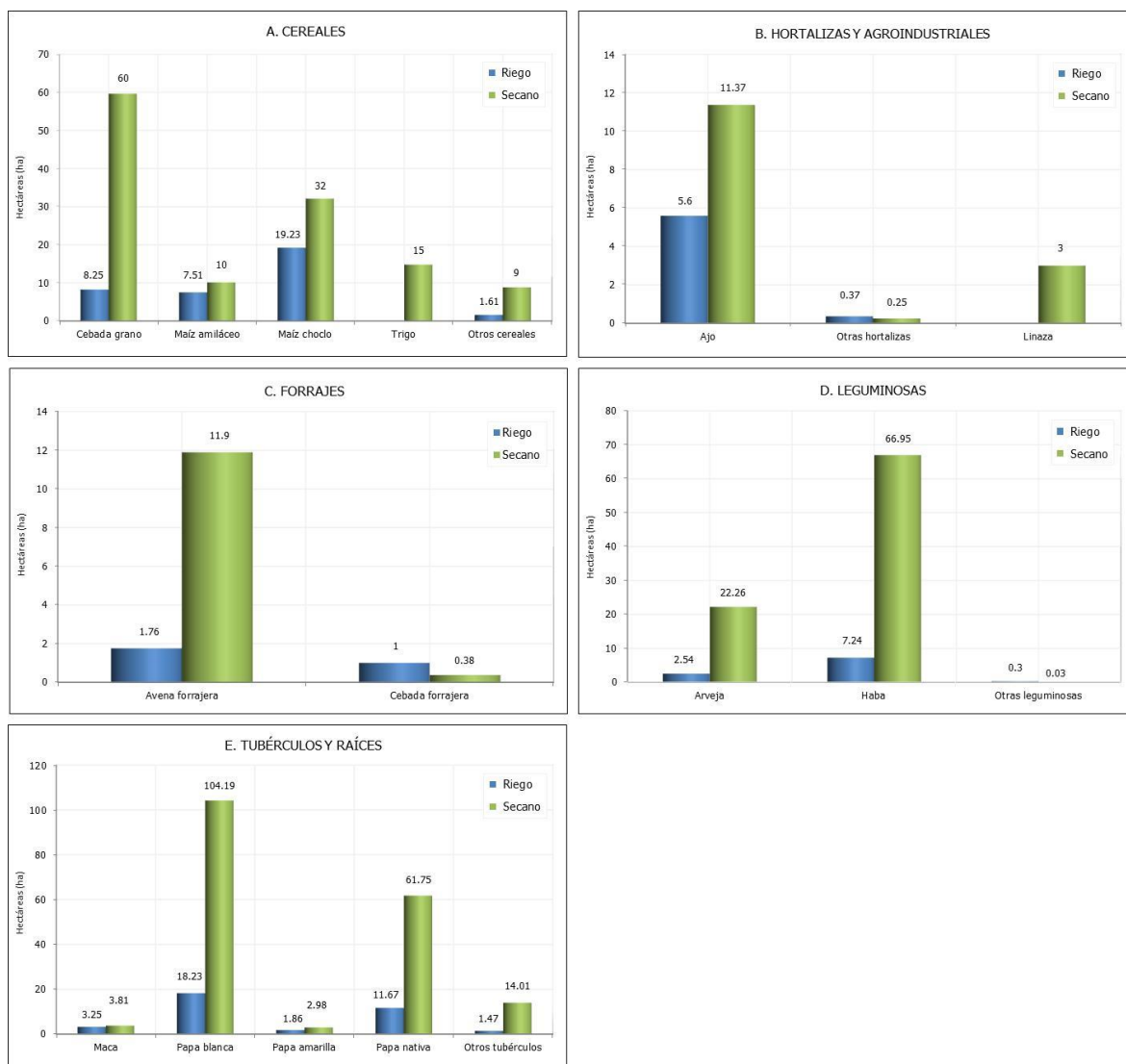
2.8.1.1 Tierras de labranza

En esta categoría predominan tierras con cultivos transitorios, tierras en barbecho y tierras en descanso. En el año 2012, las tierras de labranza se han incrementado en 99,18 ha respecto al año 1994.

Las tierras con cultivos transitorios presentan la mayor superficie dentro de esta categoría, a pesar de que entre los años 1994 y 2012 estas tierras hayan mostrado una reducción de 1044,36 ha.

Según el IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), las tierras con cultivos transitorios totalizaron 1865,06 ha, caracterizadas por la producción de cereales, hortalizas, leguminosas, tubérculos, raíces, forrajes y agroindustriales; en terrenos bajo riego y secano. Los cultivos que mayormente se producen en áreas bajo riego son el maíz choclo, la papa blanca y la papa nativa; caso contrario ocurre en terrenos bajo secano donde principalmente se siembra la papa blanca, el haba, la papa nativa y la cebada grano (Figura 8).

Figura 8. Grupos de cultivos transitorios producidos en áreas bajo riego y seco en el Distrito de Huando



Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI; 2012)

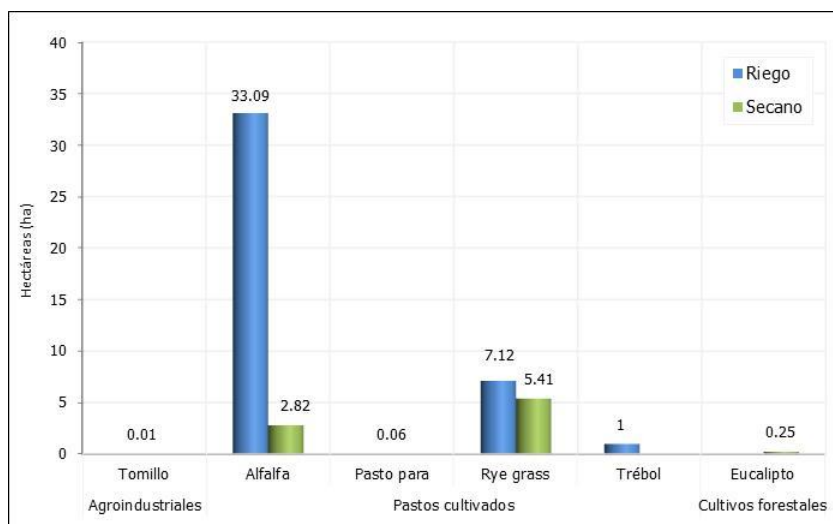
Las tierras en barbecho y descanso, entre los años 1994 y 2012, se han incrementado en 59,2 ha y 1311,76 ha respectivamente. Este aumento ocurrió porque las tierras con cultivos transitorios no se sembraron, debido a la estrategia que tiene el productor de permitir que los suelos recuperen su fertilidad natural.

2.8.1.2 Tierras con cultivos permanentes

En esta categoría predominan tierras con cultivos propiamente dichos, tierras con pastos cultivados y tierras con cultivos forestales. Según el IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), las tierras con cultivos permanentes se han incrementado en 42,54 ha respecto al año 1994.

Entre los años 1994 y 2012, las tierras con cultivos propiamente dichos y cultivos forestales se han reducido drásticamente llegando incluso a registrar valores de 0,01 ha y 0,25 ha respectivamente. Asimismo, las tierras con pastos cultivados se han incrementado de 1,89 ha a 49,5 ha principalmente en áreas bajo riego (Figura 9).

Figura 9. Grupos de cultivos permanentes producidos en áreas bajo riego y seco en el Distrito de Huando



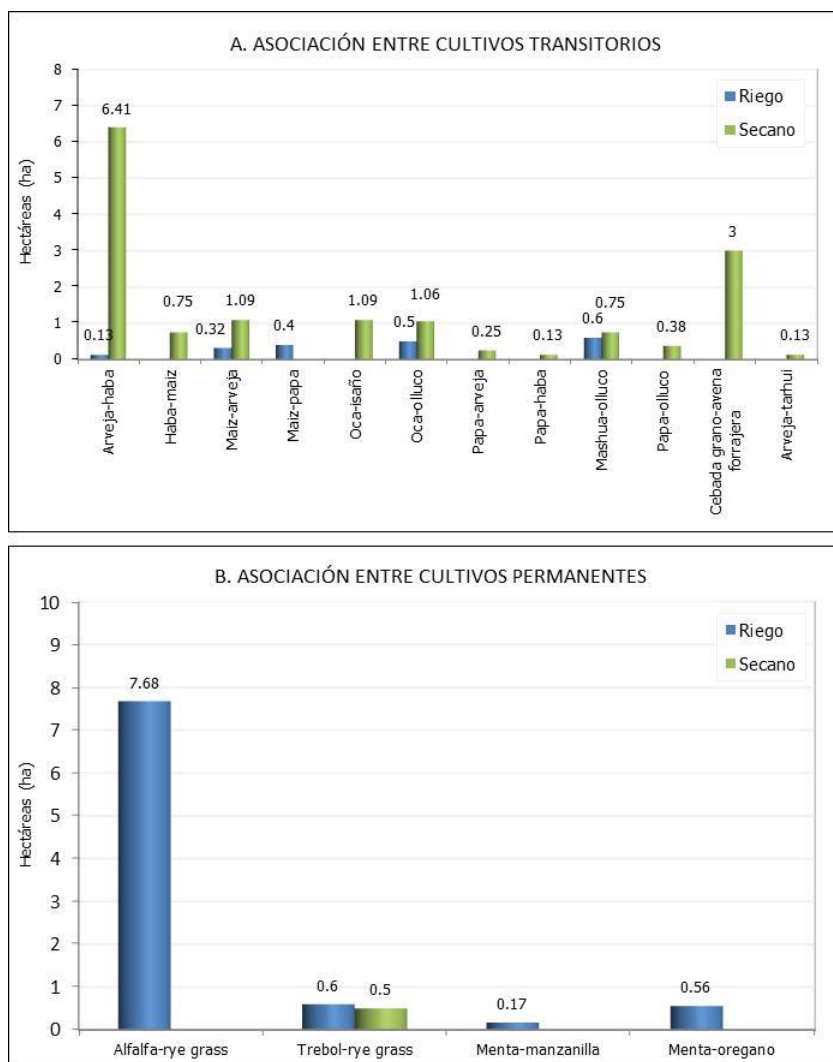
Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI; 2012)

2.8.1.3 Tierras con cultivos asociados

Según el IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), el área destinada a la producción de cultivos asociados se ha reducido en 65,69 ha respecto al año 1994. Los cultivos asociados pueden ser entre dos transitorios o con un permanente.

La principal asociación entre dos cultivos transitorios en áreas bajo riego fue el maíz-papa (0,4 ha), oca-olluco (0,5 ha) y mashua-olluco (0,6 ha); y en áreas en seco fue la arveja-haba (6,41 ha). Respecto a la asociación entre dos cultivos permanentes predominan la alfalfa-rye grass en tierras bajo riego y el trébol-rye grass en tierras en seco (Figura 10).

Figura 10. Grupos de cultivos asociados producidos en áreas bajo riego y seco en el Distrito de Huando

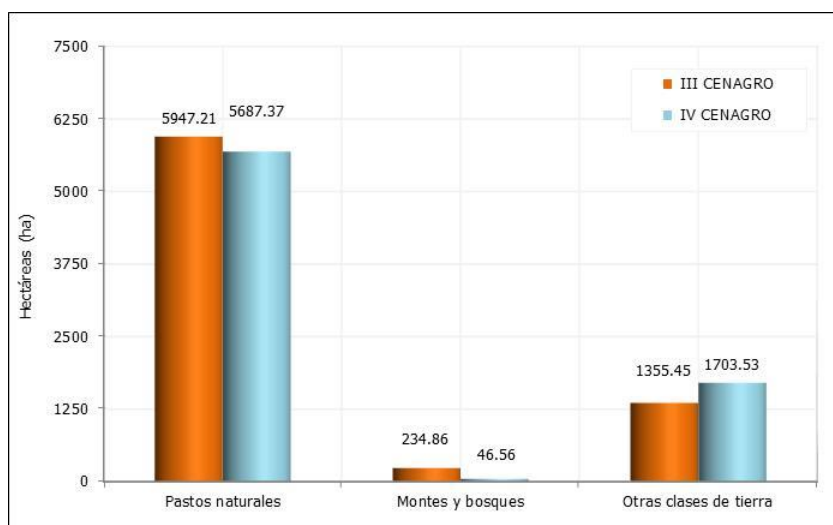


Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI; 2012)

2.8.2 Tierras no agrícolas

La superficie no agrícola ocupa la mayor extensión de tierras porque representa alrededor del 66% de la superficie agropecuaria. Comparando la información del III y IV Censo Nacional Agropecuario, notamos que se han reducido las tierras con pastos naturales (259,84 ha) y los montes y bosques (188,3 ha) y se ha incrementado la categoría de otras clases de tierras (348,08 ha) (Figura 11).

Figura 11. Componentes de la superficie no agrícola en el Distrito de Huando



Fuente: III y IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 1994; INEI, 2012)

2.9 PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

2.9.1 Sector agrícola

La actividad agrícola constituye la principal fuente de ingresos y alimentación de la mayor parte de familias y comunidades que viven en el distrito. Sin embargo, la producción que se obtiene de sus cultivos es baja porque los productores agrarios carecen de capital, crédito, asistencia técnica (manejo del cultivo) y canales de comercialización para la venta de sus productos.

En el Distrito de Huando se producen, en promedio, 20 cultivos anuales tanto en áreas agrícolas bajo riego y secano. Entre las campañas agrícolas 2004-05 al 2013-14 se han sembrado y cosechado 1729,7 ha y 1728,2 ha respectivamente, alcanzando una producción total de 6321,6 tm. El trigo, la cebada, el haba, la arveja y la papa son los principales cultivos que se siembran y cosechan representando en promedio el 79,46% de la producción total del distrito (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie sembrada, cosechada y producción de los cultivos producidos en el Distrito de Huando (Campaña agrícola promedio: 2004-05 al 2013-14)

Principales cultivos	Superficie cosechada (ha)	Superficie sembrada (ha)	Producción (tm/ha)
Amaranto o kiwicha	1,0	1,0	0,5
Ajo	40,7	40,7	210,6
Alfalfa	39,3	0,0	428,6
Arveja grano seco	71,3	73,2	90,2
Arveja grano verde	40,4	65,0	101,0
Avena forrajera	9,0	9,0	
Avena grano	10,6	14,7	12,8
Cebada grano	605,8	617,6	825,7
Chocho o Tarhui grano seco	4,3	4,3	5,2
Frijol grano seco	2,5	2,5	3,9
Haba grano seco	154,8	155,3	225,9
Haba grano verde	82,2	82,4	299,9
Maíz amiláceo	82,7	84,2	121,5
Maíz choclo	19,3	19,6	163,9
Mashua o izaño	3,7	8,5	21,0
Oca	6,7	11,5	35,0
Olluco	32,2	33,0	155,9
Papa	335,2	346,7	3285,9
Quinoa	15,6	15,9	12,5
Trigo	142,4	143,1	194,4
Tuna	30,0	0,0	127,0
TOTAL	1729,7	1728,2	6321,6

Fuente: MINAGRI-OEEE (2015)

Impacto de los principales eventos climáticos extremos durante las campañas agrícolas de los cultivos

En el Distrito de Huando, los eventos climáticos extremos que más frecuentemente ocurren son las heladas, granizadas y lluvias intensas, según la información reportada por la Oficina de Estadística e Informática de la Dirección Regional Agraria de Huancavelica (2015). Durante las campañas agrícolas 2009-10 al 2014-15, los eventos climáticos extremos ocurrieron entre la segunda década de enero y la segunda década de febrero, periodo donde los cultivos priorizados se encuentran en sus fases fenológicas más sensibles.

La Tabla 2 muestra el daño producido por la ocurrencia de heladas, granizadas y lluvias intensas, el cual se representa por la pérdida en superficie y producción (afectada o perdida) de cada cultivo.

Tabla 2. Ocurrencia de eventos climáticos extremos en el Distrito de Huando y su impacto en la superficie y producción de los cultivos, en los últimos 5 años

Evento climáticos extremos	Lugar	Fecha de ocurrencia			Cultivos priorizados	Superficie afectada		Superficie perdida	
		Día	Mes	Año		ha	tm	ha	tm
Granizada y helada	Sectores estadísicos ¹ de Yanaccollpa, Chaccoma y Pampalanya	19 y 20	01	2015	Haba grano seco	65	97,500	110	82,500
					Maíz amiláceo	35	52,500	57	42,750
					Arveja Grano Seco	60	90,000	62	46,500
					Arveja Grano verde	50	175,000	58	101,500
					Papa	35	350,000	55	275,000
Granizada	Sectores estadísticos de Yanaccollpa, Chaccoma y Pampalanya	11	02	2013	Papa	140	595,000	80	800,000
					Cebada grano	255	191,250	115	175,950
					Haba grano seco	132	85,800	61	93,300
					Arveja grano verde	35	17,500	20	30,600
					Maíz amiláceo	30	19,500	15	22,950
Granizada	Sector estadístico de Yanaccollpa	14 al 16	02	2012	Papa blanca	6	33,000		
Heladas	Cachi alta				Papa nativa	5	19,125	3	26,775
	Pampalanya				Papa nativa	8	34,000	5	40,800
	Acobambilla				Papa nativa	5	19,125	3	26,775
Lluvias intensas	Vizcapata	17 y 25	01	2010	Haba grano seco			3	5,700
					Papa			3	24,000
	Cebada grano						3	5,4000	
	Trigo						3	3,000	
	Cachi alta, Llallas	Papa	4		22,000	27	216,000		
		Maíz amiláceo	2		1920,000	13	23,400		
		Haba grano seco	4		3,840	13	24,700		
		Cebada grano	4		3,840	13	24,050		
	Chaccoma	25	01		Arveja grano seco	1	0,960		
					Cebada grano	1	0,960		
					Haba grano seco	1	0,960		
					Maíz amiláceo	1	0,960		
		Papa	2		11,000				
	Yanaccollpa	Arveja grano seco	1		0,960				
		Cebada grano	1		0,960				
		Haba grano seco	1		0,960				
		Maíz amiláceo	1		0,960				
		Papa	2		11,000				
Granizada	Pampalanya	25	01	Arveja grano seco	1	0,960			
				Cebada grano	1	0,960			
				Maíz amiláceo	1	0,960			
				Papa	3	17,000			

Fuente: DRA Huancavelica-OEI (2015)

1/ Es la superficie territorial conformada por tierras de uso agrícola y no agrícola dentro de un distrito político, limitado por accidentes naturales y culturales, cuya área es posible de ser medida y que sirve para la recopilación o toma de datos de la estadística agropecuaria continua.

2.9.2 Sector pecuario

A nivel de unidad productiva, también tiene importancia la producción pecuaria, ya que le permite al agricultor obtener los ingresos monetarios adicionales y necesarios para adquirir una serie de productos indispensables para desarrollar su actividad agrícola, pecuaria o para vivir y, también, le permite aprovechar los rastrojos de las cosechas de las parcelas agrícolas dispersas en las áreas de pastoreo alejadas; además, este tipo de explotación se considera segura, porque los productos o subproductos que se obtienen de ella no son perecibles y pueden ofertarse en cualquier momento.

La crianza de ovinos, porcinos, conejos y cuyes se lleva a cabo en forma doméstica, con la finalidad de proveerse de carne para el autoconsumo y el excedente ofertarlo al mercado. La crianza doméstica de cuyes tiene trascendental importancia en la zona y se lleva a cabo con la finalidad de obtener carne; su desarrollo, sin embargo, se ve afectado por enfermedades y parásitos que limitan su expansión.

Las Tablas 3 al 6 muestran la población pecuaria de ganado (vacunos, ovinos, porcinos, alpacas, entre otros) que se crían en el área de estudio.

Tabla 3. Población de ganado vacuno y ovino en el Distrito de Huando

Ganado Vacuno	Razas					
	Total	Holstein	Brown Swiss	Gyr/Cebú	Criollos	Otras Razas
Terneros(as)	395	5	75		289	26
Vaquillas	182		42		112	28
Vaquillonas	153	1	19	1	107	25
Vacas	753	8	118	1	595	31
Toretas	236	3	27		187	19
Toros	521	4	82	1	378	56
Bueyes	1					
Total	2241	21	363	3	1668	185
Ganado Ovino	Razas					
	Total	Corriedale	Hampshire Down	Black belly	Criollos	Otras razas
Corderos(as)	4839	264	91	2	4449	33
Borregillas	3697	268	72	3	3340	14
Borregas	10 706	655	220	11	9765	55
Carnerillos	2074	77	37	10	1945	5
Carneros	1755	107	26	2	1612	8
Capones	82					
Total	23 153	1371	446	28	21 111	115

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

Tabla 4. Población de ganado porcino en el Distrito de Huando

Ganado Porcino	Razas		
	Total	Criollos	Mejorados
Lechones	405	17	422
Gorrinas	101	1	102
Marranas	142	16	158
Gorrinos	115	7	122
Verracos	97	9	106
Total	860	50	910

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

Tabla 5. Población de alpacas en el Distrito de Huando

Alpacas	Razas			
	Total	Suri	Huacaya	Cruzados
Crías	2080	47	1722	311
Tuis hembras	920	58	616	246
Madres	6535	64	4997	1474
Tuis macho	626	30	480	116
Padrillos	816	28	692	96
Capones	444			
Total	11 421	227	8507	2243

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

Tabla 6. Población de caprinos, auquénidos, equinos, cuyes y conejos en el Distrito de Huando

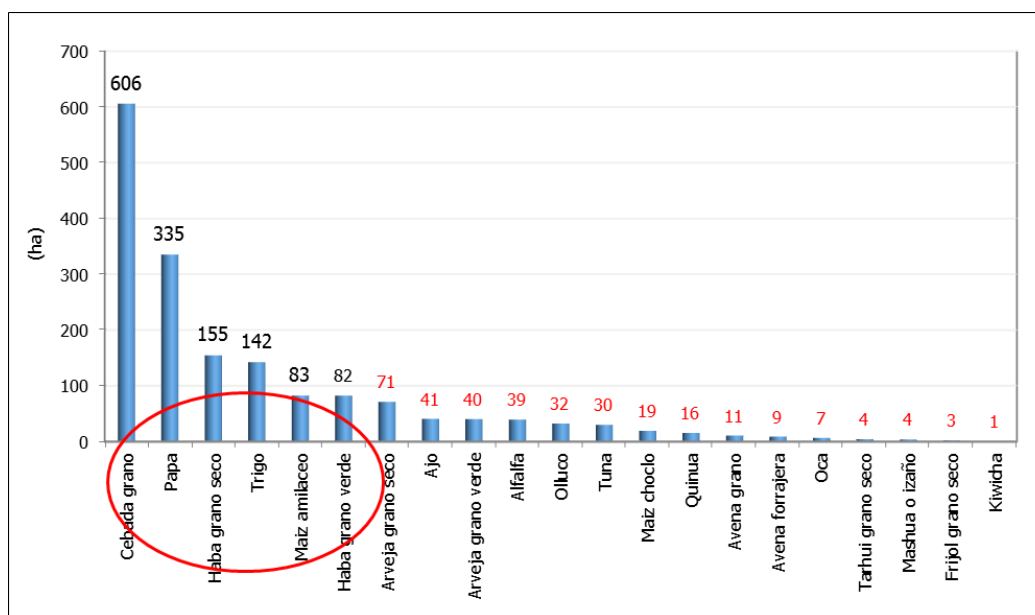
Otras especies	Número	
	Total	Hembras
Cabras	455	307
Llamas lanudas	404	172
Llamas peladas	224	70
Caballos, potros y yeguas	375	174
Burros, burras y mulas	831	415
Conejos	84	39
Cuyes	8876	
Total	11 249	1177

Fuente: IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012)

2.10 CULTIVOS PRIORIZADOS

Para el estudio agroclimático del Distrito de Huando se priorizaron los cultivos de cebada grano, papa, haba (para grano seco y verde), trigo y maíz amiláceo; los cuales fueron seleccionados por la superficie cosechada, importancia socioeconómica y por ser cultivos que contribuyen a la seguridad alimentaria del poblador (Figura 12).

Figura 12. Principales cultivos cosechados en el Distrito de Huando
(Campaña agrícola promedio: 2004-05 al 2013-14)



Fuente: MINAGRI-OEEE (2015)

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Caracterizar agroclimáticamente el Distrito de Huando, departamento de Huancavelica.

3.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 1:

Caracterizar agrícolamente los cultivos priorizados.

Objetivo específico 2:

Caracterizar los principales parámetros climáticos y eventos extremos relacionados con los cultivos priorizados.

Objetivo específico 3:

- Evaluar a través de percepciones de la población el impacto de la variabilidad climática sobre los cultivos priorizados.

IV. METODOLOGÍA**4.1 BASE DE DATOS****4.1.1 Climática**

La información climática utilizada pertenece a la red de estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Se utilizó datos diarios de temperatura máxima y mínima, precipitación, velocidad de viento, humedad relativa y radiación solar. La evapotranspiración referencial se estimó a través de la fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985). La serie de tiempo de los parámetros meteorológicos del estudio se puede observar en la Tabla 7.

Debido a la escasez de datos en la zona de estudio se utilizaron estaciones vecinas para el análisis temporal (Mapa 3) tales como Acostambo, Huancavelica y Pampas, mientras que para el análisis espacial se utilizaron todas las estaciones principales y complementarias (Tabla 7 y 8).

Para fines del presente estudio, como parte del PP 0089 "Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios", se instaló en noviembre del 2014 una estación meteorológica automática en el Distrito de Huando, la cual registró información hasta setiembre del 2015. Los datos reportados durante este período permitieron corroborar el comportamiento de las variables interpoladas dentro del distrito.

Tabla 7. Estaciones meteorológicas principales y parámetros climáticos utilizados para el estudio

ESTACIONES PRINCIPALES									
Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Latitud (W)	Longitud (S)	Altura (msnm)	Parámetro	Período	
								Inicio	Fin
Acostambo	Huancavelica	Tayacaja	Acostambo	12°21'58"	75°03'33"	3675	Tmáx, Tmín, VV	1989	2014
							PP	1989	2014
Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	Ascensión	12°46'45"	75°02'02"	3860	Tmáx, Tmín, VV	1999	2010
							PP	1995	2012
Pampas	Huancavelica	Tayacaja	Pampas	12°23'35"	74°51'58"	3240	Tmáx, Tmín	1995	2014
							PP	1989	2014
Huando	Huancavelica	Huancavelica	Huando	12°33'41"	74°56'47"	3256	Tmáx, Tmín, PP, HR, VV, Rad	2014	2014

Fuente: Elaboración SENAMHI

Tabla 8. Estaciones meteorológicas complementarias y parámetros climáticos utilizados para el estudio

ESTACIONES COMPLEMENTARIAS									
Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Latitud (W)	Longitud (S)	Altura (msnm)	Parámetro	Período	
								Inicio	Fin
Pilchaca	Huancavelica	Huancavelica	Pilchaca	12°24'23"	75°05'05"	3650	Tmáx, Tmín, VV	1967	2014
							PP	1965	2014
Huancalpi	Huancavelica	Huancavelica	Vilca	12°32'32"	75°14'14"	4450	Tmáx, Tmín, VV	2003	2012
							PP	1965	2012
Salcabamba	Huancavelica	Tayacaja	Salcabamba	12°11'58"	74°47'09"	3275	Tmáx, Tmín, VV	2001	2014
							PP	1965	2014
Acobamba	Huancavelica	Acobamba	Acobamba	12°51'51"	74°33'32"	3356	Tmáx, Tmín, VV	1996	2014
							PP	1995	2014

Fuente: Elaboración propia

Tmáx : Temperatura máxima (°C)

HR : Humedad relativa (%)

Tmín : Temperatura mínima (°C)

VV : Velocidad del viento (m/s)

PP : Precipitación (mm)

Rad : Radiación solar (Mj/m2)

Control de calidad de datos

El control de calidad primario de los datos meteorológicos se realizó en dos fases. La primera fase se basó en un análisis exploratorio de los datos a fin de identificar posibles saltos u outliers con el programa RclimDex. La segunda fase consistió en verificar la homogeneidad de la serie histórica por medio de la prueba F-Fisher de homogeneidad de varianzas y la prueba t-Student de homogeneidad de medias.

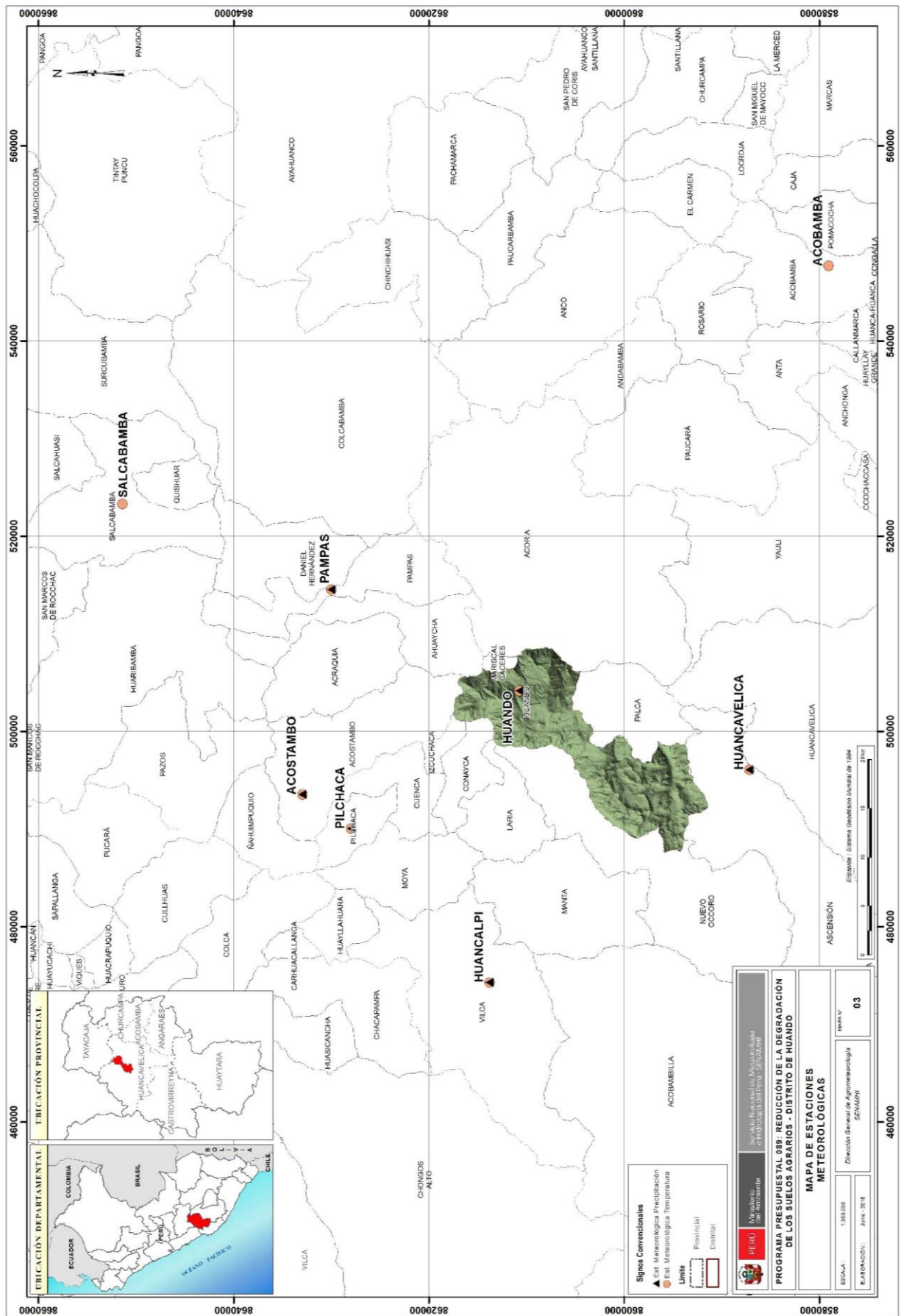
El control de calidad secundario se basó en verificar los datos dudosos en las planillas manuales meteorológicas. Los datos encontrados por mala digitación fueron eliminados o corregidos buscando la coherencia interna y consistencia espacial con estaciones vecinas de similar comportamiento climático.

Obteniendo las series históricas con el control de calidad adecuado, se generaron los promedios por estación, los cuales se realizaron para un periodo común entre las estaciones de 1995 al 2014, totalizando 18 años de registro, con los cuales se generaron los mapas por variable.

Mapas agroclimáticos

A partir de mapas mensuales de cada uno de los parámetros climáticos se elaboraron mapas agroclimáticos de los cultivos priorizados para el período agrícola: noviembre a mayo.

Fuente: Elaboración SENAMHI



Mapas agroclimáticos

A partir de mapas mensuales de cada uno de los parámetros climáticos se elaboraron mapas agroclimáticos de los cultivos priorizados para el período agrícola: noviembre a mayo.

Los mapas de temperatura máxima y mínima fueron elaborados por el método de regresión lineal múltiple donde, el comportamiento de la temperatura es explicado por la longitud (Y) y la elevación (DEM). Para la precipitación, las variables que explican su comportamiento corresponden a la latitud (X), longitud (Y) y elevación (DEM). Una gran ventaja del método es la corrección de la interpolación a partir de un mapa de errores que permite ajustar el mapa resultante y representar el comportamiento de la variable que no pudo ser explicada mediante la fórmula (Quevedo y Sánchez, 2009).

El mapa de humedad relativa fue calculado mediante la fórmula proporcionada por la FAO, dentro de los parámetros meteorológicos que determinan la Evapotranspiración, el cual fue insertado en el álgebra de mapas, expresado como el cociente entre la presión real de vapor (ea) a una temperatura hallada mediante el método psicrométrico y la presión de saturación de vapor de agua (es) a temperatura promedio del aire.

El mapa de evapotranspiración referencial se elaboró mediante el modelo de Hargreaves-Samani (1985), el cual se aproxima al método de Penman Monteith. Los parámetros que requiere el modelo son: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media y radiación extraterrestre.

4.1.2 Agrícola

La información estadística agraria mensual sobre la superficie sembrada y cosechada, correspondiente a las campañas agrícolas 2004-05 al 2014-15, se obtuvo de la Oficina de Estadística e Informática de la Dirección Regional Agraria Huancavelica del Ministerio de Agricultura y Riego (OEI-DRAH-MINAGRI).

4.2 EVALUACIÓN DE LOS CULTIVOS

Brinda información básica sobre los requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje; así como el comportamiento fenológico y la estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de cada cultivo priorizado.

Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje

Las exigencias climáticas, edáficas y de paisaje que requiere cada cultivo priorizado se determinaron a partir de información primaria (entrevista a especialistas) y secundaria (publicaciones y/o investigaciones).

Se consigna información en forma resumida de los requerimientos térmicos, hídricos, humedad relativa, fotoperíodo, necesidades físicas y químicas del suelo; así como de paisaje (altitud y pendiente) para cada cultivo priorizado.

Fenología

El comportamiento fenológico promedio de cada cultivo priorizado se definió a partir de información primaria obtenida en talleres participativos con productores agrarios que residen en la parte baja y media del área de estudio.

La duración promedio de cada fase fenológica fue validada y contrastada con la base de datos del Sistema Fenológico de Cultivos (FENOSYS, 2015). Cabe resaltar que el SENAMHI realiza observaciones fenológicas, en estaciones vecinas al área de estudio, durante el período agrícola.

Estacionalidad de las siembras y cosechas

A partir de las estadísticas agrarias mensuales, correspondiente a las campañas 2004-05 al 2014-15, se elaboró la estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de cada cultivo priorizado.

Esta herramienta de información permite a los lectores identificar en qué meses la mayor parte de los productores agrarios realizan las siembras y cosechas de sus principales cultivos.

4.3 EVALUACIÓN AGROCLIMÁTICA

En el presente capítulo se describe las condiciones agroclimáticas para la estación meteorológica representativa del Distrito de Huando para el periodo agrícola (noviembre a mayo), apoyado mediante un análisis de tres estaciones vecinas que presentan un comportamiento en temperaturas máximas y mínimas similares, con el fin de mostrar un comparativo con la estación automática de Huando, instalada para fines del Programa y del cual sólo se dispone de una campaña agrícola.

El análisis de los parámetros climáticos, se realizó a nivel decadiario, y para tal fin se utilizó la información recolectada disponible de los parámetros climáticos (temperatura del aire, precipitación, humedad relativa, precipitación, radiación solar, viento y evapotranspiración referencial) de la estación de Huando entre el periodo 2014 a 2015 y de las estaciones vecinas de un periodo promedio de 1995 a 2014.

Temperatura

Se presenta el comportamiento temporal de las temperaturas máxima y mínima, con sus desviaciones estándar; así como el análisis del comportamiento espacial a nivel estacional en el área de estudio.

Heladas

Para realizar una adecuada planificación agrícola es necesario conocer información que permita tomar decisiones anticipadas ante probables riesgos, de esta manera la caracterización de las heladas meteorológicas y agronómicas constituye una herramienta para la elección de especies y variedades a cultivar según su tolerancia, su ciclo vegetativo, entre otros (SENAMHI, 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior se realizó el procesamiento de los datos de temperatura mínima para hallar las fechas de la primera, última y periodo libre de heladas meteorológicas, el cual debido al periodo de registro solo se obtuvo para las estaciones vecinas. Para este proceso se utilizó el Software INSTAT+ de la Universidad de Reading, Inglaterra, versión 3.36.

Para la estación de Huando, se realizó un análisis de frecuencia relativa de heladas agronómicas en base a las temperaturas base de 4°C y 6°C de los cultivos priorizados.

Precipitación

Para definir el inicio de la estación lluviosa durante el periodo de estudio, se calculó la contribución de la precipitación mensual de las lluvias con respecto al acumulado anual para el Distrito de Huando, considerando como inicio de la estación lluviosa el primer mes con un porcentaje acumulado de precipitación superior o igual a 8,3%, y el fin de la estación lluviosa a el último mes cuyo acumulado de precipitación sea menor o igual a 8,3% respecto a la cantidad anual (Schrooder, 1966).

Así mismo también se presenta una evaluación de la distribución espacial de la precipitación total en base a mapas estacionarios (verano, otoño, invierno y primavera) del área de estudio.

Índices de sequías

Wilhite y Glantz (1985) definen la sequía agrícola como el déficit marcado y permanente de lluvia que reduce significativamente la producción agrícola con relación a la normal o los valores esperados para una región dada. La sequía agronómica implica un desequilibrio hídrico negativo en la planta, la cual no inicia cuando cesa la precipitación, sino cuando las plantas ya no pueden absorber agua del suelo por estar agotadas las reservas (Ledesma, 2000).

Para cuantificar la sequía agrícola fue utilizado el Índice de Severidad de Sequías de Palmer autocalibrado (SCPDSI), propuesto por Wells (2003), método que a partir de los parámetros de entrada (precipitación y la capacidad de agua disponible) calcula los componentes del balance de agua, incluyendo la evapotranspiración, la recarga del suelo, la escorrentía, la pérdida de humedad del horizonte superficial; y presenta como resultado la duración, cantidad e intensidad de los eventos secos.

La severidad de la sequía fue estimada en función a la intensidad de la sequía, cuyos rangos se presentan en la Figura 13. Asimismo se evaluó la distribución temporal y la variación interanual de las sequías agrícolas y los periodos húmedos

Figura 13. Índices de sequía según la intensidad

Sequía extrema	≤ -4		Humedad incipiente	0,5 a 0,99	
Sequía severa	-3 a -3,99		Ligeramente húmedo	1 a 1,99	
Sequía moderada	-2 a -2,99		Moderadamente húmedo	2 a 2,99	
Sequía ligera	-1 a -1,99		Muy húmedo	3 a 3,99	
Sequía incipiente	-0,5 a -0,99		Extremadamente húmedo	≥ 4	
Normal	0,49 a -0,49				

Fuente: Wells (2003).

Balance hídrico agrícola

El balance hídrico agrícola permite determinar para cada una de las fases fenológicas, de los cultivos priorizados, la disponibilidad de agua, evaporación, épocas de recarga de agua, el déficit y exceso de agua.

El balance hídrico agrícola se calculó a partir del método de Thornthwaite-Mater (1957) introduciendo información de los cultivos (época de siembra, período vegetativo, fases fenológicas, coeficiente de cultivo), la capacidad de agua disponible del suelo, capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente y profundidad efectiva de las raíces (Baldión, 1987), así como la evapotranspiración potencial y la precipitación a nivel decadal.

La evapotranspiración referencial (ETo) se calculó utilizando la ecuación de Hargreaves-Samani (1985). Este método se emplea cuando no se tiene disponibilidad de datos meteorológicos de radiación solar, humedad relativa o velocidad del viento.

Los coeficientes del cultivo o Kc fueron obtenidos de una recopilación de diferentes fuentes bibliográficas (Tabla 9). Lo mejor es disponer de valores Kc para cada cultivo, fase fenológica y distintas fechas de siembra, pero en ausencia de esta información se puede usar estos valores referenciales de Kc .

Tabla 9. Valores de Kc utilizados para el balance hídrico

Cultivo	Etapas fenológicas	Kc
Cebada	Siembra-Emergencia	0,25
	Crecimiento vegetativo	0,3-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,1
	Maduración	0,2-0,9
Haba	Siembra-Emergencia	0,4
	Crecimiento vegetativo	0,51
	Crecimiento reproductivo	1,15
	Maduración	0,31
Maíz	Siembra-Emergencia	0,3
	Crecimiento vegetativo	0,5-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,7
Papa	Siembra-Emergencia	0,3
	Crecimiento vegetativo	0,4-0,9
	Crecimiento reproductivo	1,2
	Maduración	0,3-0,7
Trigo	Siembra-Emergencia	0,2
	Crecimiento vegetativo	0,41
	Crecimiento reproductivo	1,25
	Maduración	0,31

Fuente: FAO (2006a), James (1988), Stewart y Nielsen (1990)

El balance hídrico se realizó para el período agrícola (noviembre a mayo) donde se desarrollan las distintas fases fenológicas de los cultivos priorizados. Se evaluó sólo para condiciones climáticas promedio según el record de la serie histórica de las estaciones vecinas (Acostambo, Pampas y Huancavelica) y para el periodo 2014-15 en el caso de la estación ubicada dentro del distrito (Huando).

4.4 PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS

Se recopiló información primaria a través de talleres participativos con productores agrarios que residen en la parte baja y media del distrito, a fin de conocer qué percepciones tienen respecto a la variabilidad climática y sus impactos en los cultivos priorizados. Así mismo, se obtuvo información relacionada a las medidas de adaptación actuales y aspectos productivos, a fin de validar y complementar la información contenida en el presente estudio.

La Tabla 10 muestra la procedencia y el total de productores agrarios que participaron en los talleres participativos en la ciudad de Huando.

Tabla 10. Levantamiento de información primaria en el Distrito de Huando

Lugar de procedencia	Cantidad
Ciudad de Huando	92
Comunidad campesina de Tapaná	1
Comunidad Campesina de Pampalanya	10
Anexo de Ñahuincucho	9
Anexo Yanacollpa	6
Anexo de Cachi bajo	1
Comunidad campesina Incañan	1
Comunidad campesina Vista Alegre	4
Comunidad campesina Tinyaccla	3
Anexo de Utus Huayco	28
Anexo de Ccellopucro	7
Anexo de Zonabamba	4
Anexo de Vizcapata	5
Total de participantes	171

Fuente: Elaboración SENAMHI

V. CARACTERIZACIÓN AGRÍCOLA DE LOS CULTIVOS PRIORIZADOS

En este capítulo se muestra las exigencias climáticas, edáficas y de paisaje que requiere los cultivos para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos. Así mismo, se presenta el comportamiento fenológico y la estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de cada cultivo priorizado.

5.1 REQUERIMIENTOS AGROCLIMÁTICOS, EDÁFICOS Y DE PAISAJE

A continuación se describen las necesidades de clima, suelo y paisaje de los cultivos que fueron priorizados en el análisis del presente estudio.

5.1.1 Cebada grano

Entre los cereales de grano pequeño para la zona altoandina encontramos a la cebada grano como cultivo estratégico e importante para sus pobladores, que permite cubrir las necesidades alimenticias, además constituye una fuente de ingresos al comercializarse los excedentes. En el Perú, el 93,6% de las unidades productivas de la zona altoandina consumen la cebada grano que producen (INIA, 2014).

Es el cultivo con mayor rango de adaptación altitudinal, resistencia a la sequía, bajas temperaturas y a la salinidad del suelo. Se puede sembrar desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, siendo la zona óptima de 3000 msnm a 4000 msnm (INIPAGTZ, 1983; Barreto, 1997; INIA, 2014).

Requerimientos climáticos

La germinación requiere una temperatura óptima de 15 °C a 22 °C, con un umbral mínimo de 6 °C (Prats y Grandcourt, 1969; Collantes, 2007). El rango térmico para que la planta desarrolle sus hojas y tallos oscila de 4 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 15 °C a 25 °C (Menacho, 1992; Gómez, 2005; Collantes, 2007; Coronel, 2000). Las temperaturas más adecuadas para la etapa reproductiva se encuentran alrededor de 16 °C a 21 °C y para la maduración de 18 °C a 21 °C (Coronel, 2000; Collantes, 2007).

La planta para desarrollarse requiere de 600 mm a 800 mm de agua, con un umbral mínimo de 300 mm y un máximo de 1000 mm. Muchos especialistas consideran que la cebada es uno de los cultivos que requiere poca cantidad de agua para desarrollar sus fases fenológicas (DGET, 1983; INIPAGTZ, 1983; Coronel, 2000; Gómez, 2005; Bocanegra, 2010).

Requerimientos edáficos

La cebada requiere suelos de textura franca (limosa, arcillosa y arenosa), moderadamente profundos a profundos, no muy pedregosos y de buen drenaje. Requiere un pH de 6,1 a 7,8 (tolerante a la salinidad) y un alto contenido de materia orgánica para un adecuado aporte de nutrientes a las plantas (Coulombe, 1983; DGET, 1983; INIPAGTZ, 1983; Kamisato, 1996; Gómez, 2005; Collantes, 2007).

La Tabla 11 resume las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de cebada para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

5.1.2 Haba

Es un cultivo importante desde el punto de vista alimenticio, ambiental y económico, ya que es la fuente importante de proteínas en la dieta alimentaria, incorpora nitrógeno atmosférico al suelo, requiere pocos insumos para su producción, entre otros. Está adaptado a las condiciones de clima moderadamente seco y frío.

El cultivo de haba crece desde nivel del mar hasta los 4000 msnm, sin embargo se adapta mejor entre los 3000 msnm a 3600 msnm (Chiappe, 1968; Orellana y De la Cadena, 1985; Horqqe, 1990; Bascur, 1993; Camarena et al, 2003; Rea, 2003).

Requerimientos climáticos

El cultivo de haba requiere de condiciones climáticas templadas. La temperatura óptima para la germinación oscila de 6 °C a 8 °C, para el crecimiento varía de 12 °C a 20 °C, para la floración oscila de 12 °C a 14 °C y para la maduración varía de 16 °C a 18 °C (Rivera, 1973; Ballena, 1983; Acosta, 1984; Orellana y De la Cadena, 1985; Camarena et al, 2003; De la Torre, 2003).

La precipitación es un elemento muy importante en la emergencia, floración y llenado de las vainas. El haba requiere un régimen de lluvias de 500 mm a 700 mm (Bacsur, 1993; Camarena et al, 2003). El haba no es una especie que requiere de mucha luminosidad para su cultivo.

Tabla 11. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	6	15	22		Prats y Grandcourt (1969), Menacho (1992), Coronel (2000), Gómez (2005), Collantes (2007).
b. Crecimiento	4	15	25	30	
c. Floración		16	21	35	
c. Maduración		18	21		
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
		300	600	800	1000
3. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		11		12	
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso				INIPA-GTZ (1983), Kamisato (1996), Gómez (2005), Collantes (2007).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				Kamisato (1996), Collantes (2007).
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Ligeramente ácido (6,1-6,5), Neutro (6,6 -7,3), Ligeramente alcalino (7,4-7,8)				Coulombe (1983), DGET (1983), INIPA-GTZ (1983), Kamisato (1996), Gómez (2005), Collantes (2007).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Kamisato (1996).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	3000		4000		INIPA-GTZ (1983), Barreto (1997), INIA (2014).
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	0		15		Acosta (1984).

Fuente: Elaboración SENAMHI

Requerimientos edáficos

Las raíces requieren un suelo con alto contenido de materia orgánica, moderadamente profundos a profundos y de textura franco (arenoso, limoso y arcilloso). No tolera suelos ácidos, siendo el pH óptimo para crecer y desarrollarse de 6,1 a 7,8 (Orellana y De la

Cadena, 1985; Camarena et al, 2003). La pendiente del terreno en la cual se siembra el cultivo debe oscilar entre 0 a 15% (Chiappe, 1968; Acosta, 1984).

La Tabla 12 sintetiza las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de haba para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

Tabla 12. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	5	6	8	20	Rivera (1973), Ballena (1983), Acosta (1984), Orellana y De la Cadena (1985), Camarena et al (2003), De la Torre (2003).
b. Crecimiento	-2	12	20	27	
c. Floración	10	12	14		
c. Maduración	10	16	18		
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
		300	500	700	1200
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso y Franco arcilloso				Orellana y De la Cadena (1985), Camarena et al (2003).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				Orellana y De la Cadena (1985).
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Ligeramente ácido (6,1-6,5), Neutro (6,6-7,3), Ligeramente alcalino (7,4-7,8)				Orellana y De la Cadena (1985), Camarena et al (2003).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	3000		3600		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Chiappe (1968), Orellana y De la Cadena (1985), Horque (1990), Bascur (1993), Camarena et al (2003), Rea (2003).
	Mínimo		Máximo		
		0		15	

Fuente: Elaboración SENAMHI

5.1.3 Maíz amiláceo

El maíz amiláceo (*Zea mays* L. ssp *amilácea*) es, después de la papa, el principal alimento de los habitantes de la sierra; cultivado por pequeños productores que lo utilizan principalmente para el autoconsumo. Se caracteriza por presentar una gran variabilidad en el color del grano, en la textura, en su composición y en su apariencia.

Este cultivo se siembra entre los 2000 msnm a 3800 msnm; sin embargo, las zonas que presentan una mayor adaptabilidad y superficie agrícola se localizan entre los 2300 msnm a 3500 msnm (Valdivieso y Montoya, 1985; Celis, 1996; Chávez, 2003; MINAG, 2012).

Requerimientos climáticos

El maíz amiláceo es una planta de climas templados a fríos moderados. En la etapa de germinación la temperatura oscila de 10 °C a 30 °C, siendo el rango óptimo de 15 °C a 25 °C (Berger, 1967; CIREN, 1989; Manrique, 1997; Lesur, 2005; Ochoa, 2009). En la etapa de crecimiento vegetativo, los umbrales de temperatura se encuentran alrededor de 7 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 15 °C a 21 °C (Valdez, 1977; Manrique, 1997; Altet, 2006); mientras que para la etapa de floración, la temperatura óptima oscila de 15 °C a 20 °C (Manrique, 1988) con un umbral mínimo de 8 °C y un máximo de 30 °C.

El requerimiento óptimo de agua se encuentra alrededor de 500 mm a 700 mm, con un umbral mínimo de 200 mm y un máximo de 1000 mm (Berger, 1967; Lesur, 2005). Las necesidades varían a lo largo del cultivo, siendo mayor en las etapas de crecimiento y floración. En relación al brillo solar, el maíz requiere de 10 a 14 horas de sol por día (CIREN, 1989; Lesur, 2005).

Requerimientos edáficos

Las plantas se adaptan a distintos tipos de suelos, sin embargo se desarrolla mejor en suelos que presentan textura media (franco, franco arcilloso arenoso, franco arcilloso), bien drenados y aireados (Berger, 1967; Valdez, 1977; Lesur, 2005). Las raíces de las plantas de maíz pueden llegar a más de 200 cm de profundidad. Por lo tanto, la profundidad media del suelo debe ser en lo posible moderadamente profundo o profundo (Valdez, 1977; CIREN, 1989; Manrique, 1997; Puertas, 2002;).

La pendiente del terreno donde crece el maíz no debe ser superior al 25% (Salinas, 2010). El maíz puede desarrollarse entre un rango de pH de 5,5 a 8. Sin embargo, los suelos óptimos para el cultivo son los que presentan de 6,1 a 7,8 de pH (Valdez, 1977; Manrique, 1997). La cantidad de materia orgánica en el suelo debe ser alta (Berger, 1967).

La Tabla 13 resume las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de maíz amiláceo para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

Tabla 13. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
	a. Germinación	10	15	25	
b. Crecimiento	7	15	21	30	
c. Floración	8	15	20	30	
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
		200	500	700	1000
3. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		10		14	
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco, Franco arcillo arenoso, Franco arcilloso				Berger (1967), Valdez (1977), Puertas (2002), Lesur (2005).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				Valdez (1977), CIREN (1989), Manrique (1997).
c. Drenaje	Bueno				Berger (1967), Valdez (1977), Puertas (2002), Lesur (2005).
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Ligeramente ácido (6,1- 6,5), Neutro (6,6-7,3), Ligeramente alcalino (7,4-7,8)				Berger (1967), Valdez (1977), CIREN (1989), Manrique (1997), Lesur (2005).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Berger (1967), CIREN (1989).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	2300		3500		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				
	Mínimo		Máximo		
		0		25	

Fuente: Elaboración SENAMHI

5.1.4 Papa mejorada

La papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye la base de la alimentación y seguridad alimentaria del poblador de la sierra, y su cultivo le genera al productor andino más ingresos económicos que cualquier otro cultivo.

El cultivo crece desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. En la sierra, las mayores áreas de producción se localizan alrededor de los 2300 msnm a 3800 msnm (López et al, 1980; Alcalde et al, 1990; Egúsqiza, 2000; Ochoa, 2001; Tapia y Fries, 2007).

Requerimientos climáticos

La papa es un cultivo de clima templado-frío. La temperatura es una de las principales variables climáticas involucradas con los procesos fisiológicos de la planta. La etapa de emergencia requiere una temperatura alrededor de 5 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 17 °C a 25 °C (Borah y Milthorpe, 1959; Midmore, 1988; Loayza, 1993; Cepeda y Gallegos, 2003). Temperaturas menores a 15 °C afectan la velocidad de crecimiento de los brotes y la emergencia de los tallos (Cortbaoui, 1988). La etapa de crecimiento vegetativo necesita un rango térmico de 6 °C a 30 °C (Cepeda y Gallegos, 2003), con un valor óptimo de 15 °C a 25 °C (López et al, 1980; Midmore, 1988; Loayza, 1993; Cepeda y Gallegos, 2003; Mendoza, 2007).

La tuberización es la etapa más importante de la planta porque está directamente relacionada con la translocación y llenado de fotosintatos en los tubérculos. Para esta fase los umbrales de temperatura varían de 5 °C a 28 °C, con un valor óptimo de 14 °C a 20 °C (Christiansen, 1967; López et al, 1980; Ezeta, 1986; Huerta, 1987; Egúsqiza, 2000; Cepeda y Gallegos, 2003). Temperaturas mayores a 28 °C inhiben la tuberización, y si se mantiene constante durante este tiempo es posible que no haya formación de tubérculos y los estolones crezcan en forma engrosada (Christiansen, 1967). Las condiciones más favorables para la tuberización y el crecimiento del tubérculo son días cortos y temperaturas nocturnas bajas (14 °C a 16 °C) (Van Dam et al, 1996).

La precipitación óptima requerida por la planta está alrededor de 400 mm a 800 mm, la cual debe ser distribuida en todo el ciclo vegetativo del cultivo (Christiansen, 1967; López et al, 1980; Ekanayake, 1994; Cepeda y Gallegos, 2003).

La humedad relativa favorable para el cultivo debe variar de 60% a 80% (López et al, 1980; Mendoza, 2007). Humedad relativa superior al 80% genera condiciones óptimas para la aparición de enfermedades foliares. La papa es una planta de días cortos. La exposición del follaje a días cortos induce la tuberización, mostrando una formación más temprana del tubérculo y los estolones. El brillo solar debe ser alrededor de 10 a 12 horas por día (Egúsqiza, 2000; Mendoza, 2007).

Requerimientos edáficos

La planta se desarrolla adecuadamente en suelos de textura moderadamente gruesa (franco arenoso) y media (franco, franco limoso). El desarrollo radicular y la formación de estolones son mejor en estos tipos de suelos (Christiansen, 1967; Huerta, 1987; Molina et al, 2004; Mendoza, 2007). Los suelos deben ser moderadamente profundos y profundos, bien drenados y de buena estructura, que permitan asegurar buen crecimiento de las raíces y de los estolones (Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Egúsqiza, 2000; Cepeda y Gallegos, 2003; Mendoza, 2007).

La pendiente no debe de exceder del 25% (Salinas, 2010; Torres, 2011). El rango de pH óptimo para el cultivo varía de 5,5 a 6,5 (Christiansen, 1967; Montaldo, 1984; Cepeda y Gallegos, 2003; MISTI, 2001). El contenido de materia orgánica en el suelo debe ser alto (López et al, 1980; MISTI, 2001; Rojo, 2006; Mendoza, 2007).

La Tabla 14 sintetiza las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de papa mejorada para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

5.1.5 Papa nativa

La papa nativa se distribuye entre los 2300 msnm a 4200 msnm en pisos ecológicos donde la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan condiciones naturales especiales para su cultivo (CIP, 2008). La papa nativa dulce produce mejor entre 3000 msnm a 4200 msnm y la papa nativa amarga entre los 3800 msnm a 4200 msnm (Alcalde et al, 1990; Huanco, 1991; Egúsquiza, 2000; Tapia y Fries, 2007; Gómez et al, 2008; Sedano, 2008).

En el Perú existen 3500 variedades, donde el 75% corresponden a papas nativas (dulces y amargas) y el 25% a papas blancas. En el grupo de papas nativas dulces se encuentran variedades procedentes de las especies *Solanum tuberosum* sp indígena, *S. goniocalix*, *S. stenotomun*, *S. phureja* y *S. chaucha* (Egúsquiza, 2000; Ochoa, 2001).

Requerimientos climáticos

La papa nativa requiere una temperatura de 4 °C a 20 °C, con un requerimiento térmico óptimo de 8 °C a 16 °C para la papa nativa dulce y de 6 °C a 14 °C para la papa nativa amarga (Arbizu y Tapia, 1992; Salinas, 2010; Torres, 2011).

La precipitación óptima para el cultivo oscila de 600 mm a 1000 mm (Arbizu y Tapia, 1992; Salinas, 2010). El brillo solar requerido se encuentra alrededor de las 10 a 16 horas por día (Amorós, 1979; López et al, 1980).

Requerimientos edáficos

La papa nativa dulce se cultiva en terrenos que presentan un sistema de producción rotacional, preferentemente en zonas de ladera y terrenos descansados de textura franco arenoso, franco limoso y franco arcillosa (Canahua, 1998; Llacsá, 2008; Salinas, 2010). Prefiere suelos profundos, de buen drenaje y no muy ácidos (López et al, 1980; Cepeda y Gallegos, 2003; Llacsá, 2008; Salinas, 2010). El contenido de materia orgánica debe ser alto (Alcalde et al, 1990; Arbizu y Tapia, 1992; Llacsá, 2008). La papa nativa amarga prefiere suelos fríos, de buen drenaje; se adapta a suelos de textura variable y a un amplio rango de acidez (Alcalde et al, 1990; Llacsá, 2008).

La Tabla 15 resume las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de papa nativa para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

Tabla 14. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa mejorada (*Solanum tuberosum* L.) en la sierra andina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	5	17	25	30	Borah y Milthorpe (1959), Christiansen (1967), López et al (1980), Montaldo (1984), Smith (1977), Ezeta (1986), Huerta (1987), Cortbaoui (1988), Midmore (1988), CIREN (1989), Cao y Tibbitts (1995), Pumisacho y Sherwood (2002), Cepeda y Gallegos (2003), Molina et al (2004), Aldabe y Doglioti (2006), Mendoza (2007).
b. Crecimiento	6	15	25	30	
c. Tuberización	6	14	20	28	
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
		200	400	800	1200
3. Humedad relativa	Humedad relativa óptima (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		60		80	
4. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		Egúsquiza (2000), Herrera (2000), Mendoza (2007).
	10		12		
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arenoso, Franco, Franco limoso				Christiansen (1967), Huerta (1987), Molina et al (2004), Mendoza (2007).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				Christiansen (1967), Montaldo (1984), Egúsquiza (2000), Cepeda y Gallegos (2003), Mendoza (2007).
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Moderadamente ácido (5,6-6), Ligeramente ácido (6,1-6,5)				Christiansen (1967), Montaldo (1984), Cepeda y Gallegos (2003), MISTI (2001), Rojo (2006).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				López at al (1980), Misti (2001), Molina et al (2004), Mendoza (2007).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	2300		3800		López et al (1980), Alcalde et al (1990), Egúsquiza (2000), Ochoa (2001), Tapia y Fries (2007).
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		Salinas (2010), Torres (2011).
	0		25		

Fuente: Elaboración SENAMHI

Tabla 15. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y de paisaje del cultivo de papa nativa (*Solanum andigena*, *S. ajanhuiri*, *S. stenotomun*, *S. phureja* y *S. chaucha*) en la sierra altoandina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Papa nativa dulce	4	8	16	20	Salinas (2010), Torres (2011).
b. Papa nativa amarga	4	6	14	20	Arbizu y Tapia (1992), Salinas (2010).
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
a. Papa nativa (dulce y amarga)	400	600	1000	1200	Arbizu y Tapia (1992), Salinas (2010).
3. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	10		16		Amoros (1979), López et al (1980).
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco arcilloso, Franco arcillo limoso				Canahua (1998), Llacsá (2008), Salinas (2010).
b. Drenaje	Bueno				Llacsá (2008), Salinas (2010).
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Fuertemente ácido (5,1-5,5), Moderadamente ácido (5,6- 6), Ligeramente ácido (6,1-6,5)				Cepeda y Gallegos (2003), Salinas (2010).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				López et al (1980), Salinas (2010).
c. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Alcalde et al (1990), Arbizu y Tapia (1992), Llacsá (2008).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
a. Papa nativa dulce	3000		4200		Alcalde et al 1(990), Huanco (1991), Egúsqiza (2000), Tapia y Fries (2007), Gómez et al (2008), Sedano (2008).
b. Papa nativa amarga	3800		4200		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
	25		50		Salinas (2010), Torres (2011).

Fuente: Elaboración SENAMHI

5.1.6 Trigo

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los tres cereales más importantes producidos a nivel mundial junto al maíz y el arroz, siendo uno de los productos más consumidos por las familias campesinas de la sierra del Perú. Del trigo se extrae el grano que es utilizado

mayormente para el autoconsumo y en menor proporción se destina para su comercialización en la industria harinera (MINAG, 2013).

Este cultivo actualmente se cultiva en casi todos los climas, desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, siendo más recurrente encontrar las mayores superficies sembradas entre los 2500 msnm a 3500 msnm (Barreto, 1997). El 97% de la superficie cultivada se encuentra ubicada en la sierra y el 3% en la costa. El 90% de área sembrada en el país se realiza al secano (Ruiz et al., 2005).

Requerimientos climáticos

La etapa de germinación se desarrolla cuando los umbrales térmicos oscilan de 5 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 15 °C a 20 °C (De La Flor, 1969; Falconi, 2001). Temperaturas mayores a 30 °C favorecen la proliferación de hongos y bacterias en el suelo que por acción mecánica pueden descomponer el endospermo de la semilla de trigo (Jara, 1993).

La etapa de macollamiento y encañado requiere un rango térmico de 5 °C a 30 °C, con un valor óptimo de 18 °C a 25 °C (Falconi, 2001; Gómez, 2005; Zarak, 2001). Temperaturas menores a 5 °C disminuye el número de macollos en la planta, la longitud de las raíces y la coloración verde en las hojas (Jara, 1993).

La etapa de espigado y maduración requiere temperaturas de 12 °C a 30 °C, siendo el rango óptimo de 18 °C a 22 °C (Falconi, 2001; Gómez, 2005; Jara, 1993; Zarak, 2001). Temperaturas menores a 12 °C producen esterilidad en el espigado, caso contrario ocurre con temperaturas mayores a 30 °C que durante la traslocación y llenado del grano produce baja calidad proteica en las semillas (Jara, 1993).

El requerimiento de agua óptimo se encuentra alrededor de los 350 mm a 600 mm, no obstante puede desarrollarse el cultivo cuando los umbrales hídricos oscilan de 200 mm a 1200 mm (FAO, 1975; Gómez, 2005).

La planta de trigo necesita de 12 a 13,5 horas de sol para completar su ciclo; cuando se reduce las horas de sol, aunque sea en cantidades pequeñas, la planta alarga su período vegetativo no llegando a alcanzar la floración (FAO, 1975; Zarak, 1963).

Requerimientos edáficos

Se considera un suelo óptimo aquel que presenta una textura media (franco, franco limoso) a fina (arcillo limoso, arcillo arenoso), con buen drenaje y una profundidad efectiva mayor a 30 cm (Barreto, 1997; Romero, 1990; Villanueva, 1974; Zarak, 2001). El cultivo se desarrolla adecuadamente en terrenos agrícolas que presentan una pendiente menor al 50% (Romero, 1990). El pH que requiere la planta para desarrollarse oscila de 5 a 8, con un valor óptimo de 5,6 a 7 (Gómez, 2005; Romero, 1990). El contenido de materia orgánica debe ser alto (Barreto, 1997; Romero, 1990).

La Tabla 16 sintetiza las exigencias de clima, suelo y paisaje que requiere el cultivo de trigo para desarrollar sus distintos procesos fisiológicos.

Tabla 16. Requerimientos agroclimáticos, edáficos y fisiográficos del cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la sierra andina

I. Requerimientos Climáticos					Fuentes bibliográficas
1. Temperatura	Umbral Mínimo (°C)	Temperatura óptima (°C)		Umbral Máximo (°C)	
		Mínimo	Máximo		
a. Germinación	5	15	20	30	
b. Macollamiento y encañado	5	18	25	30	De La Flor (1969), Falconi (2001), Gómez (2005), Jara (1993), Zarak (2001).
c. Espigado y maduración	12	18	22	30	
2. Precipitación	Umbral Mínimo (mm)	Precipitación óptima (mm)		Umbral Máximo (mm)	Fuentes bibliográficas
		Mínimo	Máximo		
		200	350	600	1200
3. Fotoperíodo	Fotoperíodo óptimo (horas-luz/día)				
	Mínimo		Máximo		
		12		13,5	
II. Requerimientos Edáficos					Fuentes bibliográficas
1. Propiedades físicas	Clase(s) óptima(s)				
a. Textura	Franco, Franco limoso, Arcillo limoso y Arcillo arenoso				Barreto (1997), Romero (1990), Villanueva (1974), Zarak (2001).
b. Profundidad efectiva	Moderadamente profundo (50-100 cm), Profundo (100-150 cm)				
c. Drenaje	Bueno				
2. Propiedades químicas	Clase(s) óptima(s)				Fuentes bibliográficas
a. pH	Moderadamente ácido (5,6-6), Ligeramente ácido (6,1-6,5), Neutro (6,6-7,3)				Gómez (2005), Romero (1990).
b. Materia orgánica	Alto (≥4%)				Barreto (1997), Romero (1990).
III. Requerimientos de Paisaje					Fuentes bibliográficas
1. Altitud	Rango óptimo (msnm)				
	Mínimo		Máximo		
	2 500		3 500		
2. Pendiente	Rango óptimo (%)				Fuentes bibliográficas
	Mínimo		Máximo		
		0		15	












Fuente: Elaboración SENAMHI

5.2 FENOLOGÍA

La fenología contribuye a conocer los cambios en los patrones de desarrollo y crecimiento de las plantas en relación con las condiciones del clima, el manejo agronómico y otros aspectos del ambiente.








Las Figuras 14 al 17 representan el comportamiento fenológico de los cultivos priorizados en el área de estudio.

Figura 14. Comportamiento fenológico promedio de los cultivos de cebada y trigo en el Distrito de Huando

Período fenológico	Crecimiento vegetativo					Crecimiento reproductivo		Maduración			
Estadios de crecimiento de la planta											
Parte aérea	Germinación	Emergencia	Tercera hoja	Macollaje	Encañado	Espigado	Floración	Maduración lechosa	Maduración pastosa	Maduración cornéa	Senescencia
Parte radicular	Desarrollo y crecimiento de raíces										
Descripción de la fase fenológica	Comienza la inhibición de la semilla. La radícula y coleóptilo emergen e inician su crecimiento.	El coleóptilo traspasa la superficie del suelo.	La tercera hoja del tallo principal se despliega sobre la superficie del suelo.	Se inicia la formación de los brotes laterales (macollos o hijuelos).	Comienza el encañado (el primer entrenudo empieza a alargarse). Esta fase finaliza cuando aparece la hoja bandera.	La punta de la espiga o de la panícula empieza a emerger de la vaina.	En la espiga se aprecian las primeras antenas visibles en la mayoría de las espiguillas.	Los primeros granos presentan una consistencia acuosa. La coloración es todavía verdosa.	Los granos presentan una consistencia blanda. Al presionar con la uña del dedo la huella no se mantiene.	Los granos presentan una consistencia dura. Al presionar con la uña del dedo la huella se mantiene.	La planta está totalmente muerta. Los tallos se quiebran. Los granos se encuentran en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)		5 - 10 5 - 10	15 - 25 15 - 30	30 - 45 30 - 50	50 - 70 55 - 75	70 - 95 75 - 100	85 - 120 90 - 125	145 - 185 150 - 200			
- Cebada grano - Trigo											





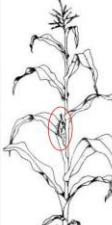

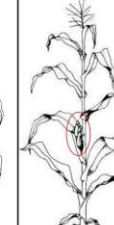


Fuente: Witzemberger et al (1989); Lancashire et al (1991); SENAMHI (2015)

Figura 15. Comportamiento fenológico promedio del cultivo de haba en el Distrito de Huando

Período fenológico	Crecimiento vegetativo		Crecimiento reproductivo		Maduración		
Estadios de crecimiento de la planta							
Parte aérea	Emergencia	Macollaje	Botón floral	Floración	Formación de fruto	Maduración	Senescencia
Parte radicular	Desarrollo y crecimiento de raíces						
Descripción de la fase fenológica	El brote se encuentra fuera de la semilla, luego de crecer emerge hacia la superficie del suelo.	A partir del primer nudo de la planta salen otros tallos, cuya cantidad varía según la variedad.	Aparecen los primeros botones florales en el tallo principal de la planta.	Se inicia la apertura de las flores en el tallo principal.	Las primeras vainas han alcanzado su tamaño final (legumbre plana) hasta que finalmente todas las vainas se llenan de los granos.	Las vainas empiezan a madurar. Internamente, las semillas presentan una consistencia dura y seca hasta que finalmente adquieren el color de la variedad.	Las plantas empiezan a amarillarse y secarse. Los granos de las vainas se encuentran en madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)	5 - 15	30 - 40	140 - 170	150 - 185	165 - 200	190 - 240	








Fuente: Feller et al (1995); SENAMHI (2015)

Figura 16. Comportamiento fenológico promedio del cultivo de maíz amiláceo en el Distrito de Huando

Período fenológico	Crecimiento vegetativo					Crecimiento reproductivo	Maduración			
Estadios de crecimiento de la planta										
Parte aérea	Germinación	Emergencia	Desarrollo de hojas	Panajamiento	Espigamiento	Maduración lechosa	Maduración pastosa	Maduración cornéa	Senescencia	
Parte radicular	Brotamiento de raíces	Desarrollo y crecimiento de raíces								
Descripción de la fase fenológica	Inhibición de la semilla. Emergencia de radícula y coleóptilo. Éste último emerge hacia la superficie del suelo.	El coleóptilo atraviesa la superficie del suelo.	Las hojas del tallo principal empiezan a desarrollarse y desplegarse. Ocurre alargamiento del tallo principal apreciándose los nudos de la coña.	Comienza la salida y crecimiento de la inflorescencia masculina (penacho) del tallo principal.	Emergencia de los estigmas por las puntas de las mazorcas. Se aprecia los estambres en los penachos. Inicia la polinización de los estigmas.	Comienza el desarrollo y acumulación de materia seca en los granos. Estos presentan una coloración blanco-amarillento.	Los granos presentan una consistencia blanda y tienen una coloración amarillento a amarillo (según la variedad).	Los granos presentan una consistencia dura y son brillantes. En la base de los granos empieza a notarse puntos o rayas negras (madurez fisiológica).	La planta está totalmente muerta, los tallos se quiebran. Las mazorcas están en su madurez de cosecha.	
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)		10 - 15	20 - 30	110 - 130	125 - 150	160 - 195	180 - 225	230 - 280		

Fuente: Weber y Bleiholder (1990); Lancashire et al (1991); SENAMHI (2015)

Figura 17. Comportamiento fenológico promedio del cultivo de papa en el Distrito de Huando

	Crecimiento vegetativo			Crecimiento reproductivo		Maduración	
Período fenológico							
Estadios de crecimiento de la planta							
Parte aérea	Brotamiento	Emergencia	Brotes laterales	Botón floral	Floración	Maduración de bayas	Senescencia
Parte radicular	Formación de raíces y tallos	Desarrollo y crecimiento de raíces		Emisión y crecimiento de estolones	Crecimiento y llenado de estolones	Maduración de tubérculos	
Descripción de la fase fenológica	Los brotes del tubérculo semilla empiezan a formar raíces y tallos. Estos últimos emergen hacia la superficie del suelo.	Las hojas del tallo principal comienzan a alargarse y desplegarse sobre la superficie del suelo.	El tallo principal empieza a ramificarse. Las nuevas ramas empiezan a crecer longitudinalmente hasta cubrir todo el campo de cultivo.	Aparecen los botones florales de la primera inflorescencia visible del tallo principal.	Ocurre la apertura de las primeras flores.	En la parte subterránea, el crecimiento de los tubérculos se torna lento. La piel o cáscara empieza a endurecerse.	Ocurre el amarillamiento de las hojas y los tallos. Los tubérculos están en su madurez de cosecha.
Ocurrencia de la fase fenológica (dds)							
- Variedad precoz		15 - 20	25 - 35	60 - 70	80 - 95	100 - 120	
- Variedad semitardia		20 - 25	35 - 45	75 - 90	100 - 120	130 - 160	
- Variedad tardia		25 - 30	45 - 55	95 - 105	135 - 150	180 - 200	

Fuente: Hack et al (1993); SENAMHI (2015)

5.3 ESTACIONALIDAD HISTÓRICA DE LAS SIEMBRAS Y COSECHAS

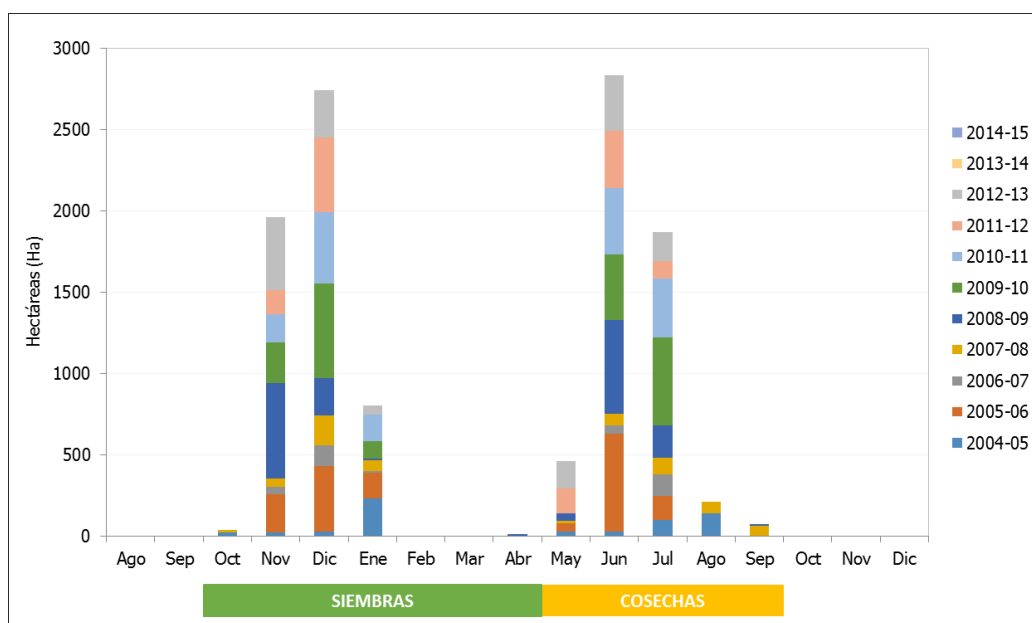
El calendario y estacionalidad histórica de las siembras y cosechas de los cultivos priorizados se detallan a continuación:

5.3.1 Cebada grano

En el Distrito de Huando, las labores de siembra se concentran mayormente entre los meses de noviembre y enero; sin embargo, la estacionalidad histórica del cultivo muestra siembras tempranas en octubre (campaña 2004-05 y 2007-08) y siembras tardías en abril (campaña 2008-09). En total, en las últimas 11 campañas agrícolas, la superficie sembrada de cebada grano fue de 5558 ha.

La cosecha de granos se realiza principalmente entre mayo y julio, pudiendo incluso prolongarse hasta agosto y setiembre (campañas 2004-05, 2007-08 y 2008-09). En total, en las últimas 11 campañas agrícolas, la superficie cosechada de cebada grano fue de 5452 ha (Figura 18).

Figura 18. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de cebada grano en el Distrito de Huando



Fuente: DRA-Huancavelica (2015). Elaboración SENAMHI

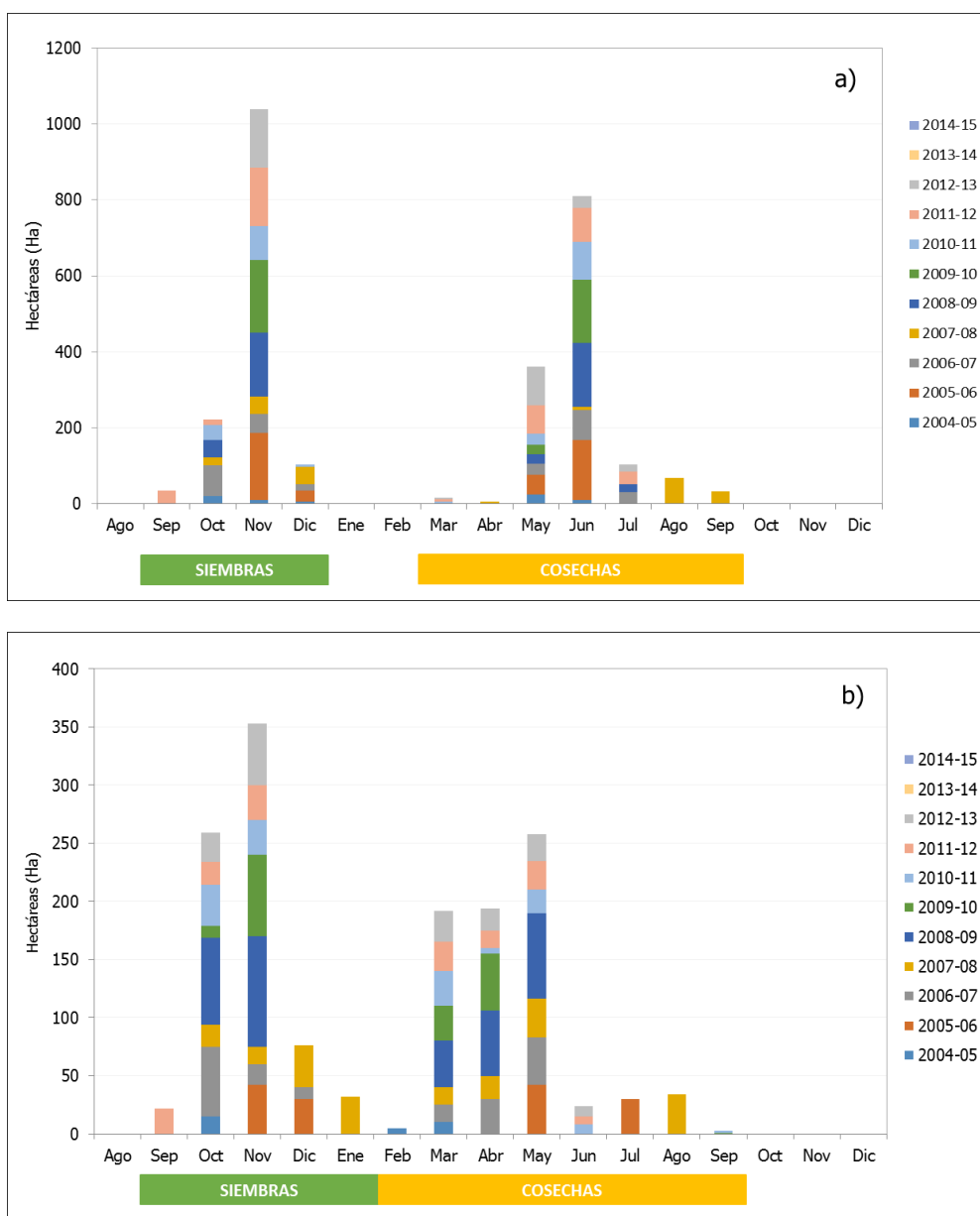
5.3.2 Haba

Las labores de siembra del cultivo de haba, tanto para grano verde como seco, se inician mayormente en el mes de octubre (inicio de las primeras lluvias) y se prolongan hasta noviembre o diciembre. Del mismo modo, la cosecha de vainas en estado fresco (haba

grano verde) se realiza entre marzo y mayo, y las vainas en estado seco (haba grano seco) entre mayo y junio.

En el Distrito de Huando se han sembrado 742 ha de haba grano verde y 1398 ha de haba grano seco entre las campañas 2004-05 y 2014-15. Respecto a la superficie cosechada, la estacionalidad histórica del cultivo indica que, en las últimas 11 campañas agrícolas, se han cosechado 740 ha de haba grano verde y 1393 ha de haba grano seco (Figuras 19a y 19b).

Figura 19. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de haba grano verde (a) y haba grano seco (b) en el Distrito de Huando



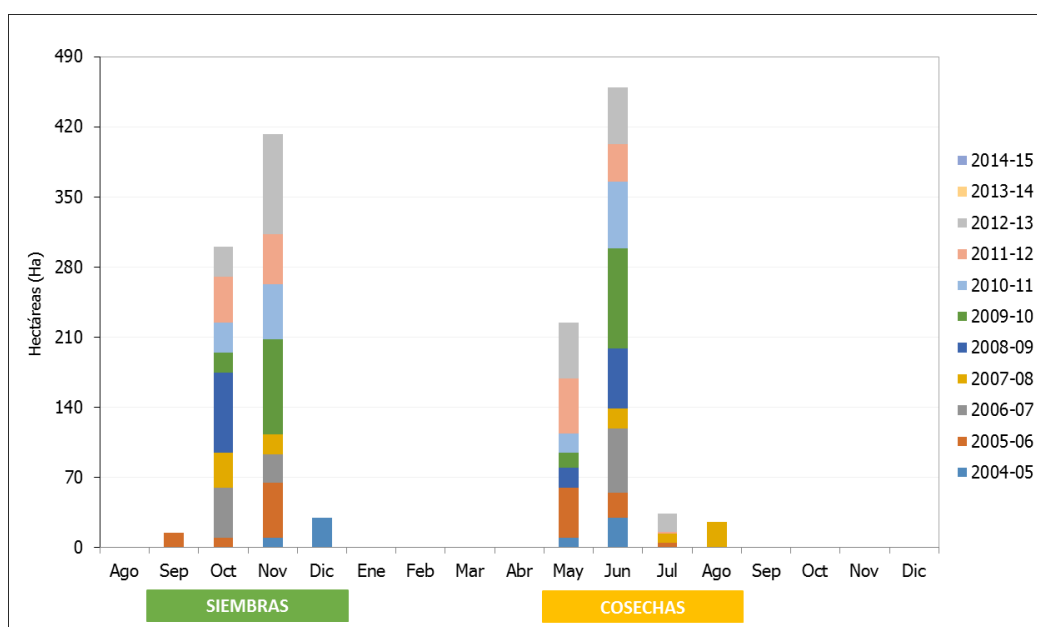
Fuente: DRA-Huancavelica (2015). Elaboración SENAMHI

5.3.3 Maíz amiláceo

La estacionalidad histórica muestra que el cultivo se siembra principalmente entre los meses de octubre y diciembre. Sólo en una baja superficie se realizó esta actividad en setiembre (campaña 2005-06) y diciembre (campaña 2004-05). Asimismo, la mayor superficie de maíz amiláceo se cosecha entre mayo y junio.

El acumulado histórico de las campañas agrícolas (2004-05 al 2014-15) señala que se han sembrado en total 758 ha, de las cuales 744 has fueron cosechadas en el Distrito de Huando (Figura 20).

Figura 20. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de maíz amiláceo en el Distrito de Huando



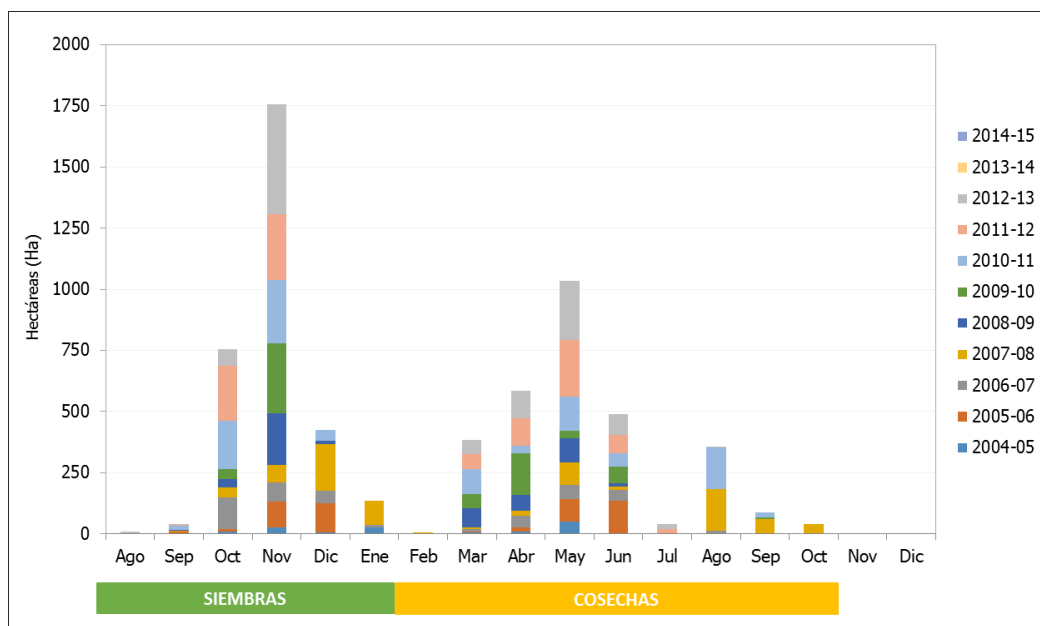
Fuente: DRA-Huancavelica (2015). Elaboración SENAMHI

5.3.4 Papa

En el Distrito de Huando, el cultivo de papa se siembra únicamente durante la campaña grande (agosto a enero), siendo más recurrente esta actividad entre los meses de octubre y diciembre. Asimismo, la estacionalidad histórica del cultivo muestra que las cosechas se inician en marzo y culminan en junio; pudiendo prolongarse hasta julio (campañas 2011-12 y 2012-13) o agosto (campañas 2006-07, 2007-08, 2010-11 y 2012-13) siempre y cuando, se realicen siembras tardías de variedades de largo período vegetativo.

El acumulado histórico de las campañas agrícolas (2004-05 al 2014-15) muestra que se han sembrado en total 3120 ha, de las cuales 3017 has fueron cosechadas en la zona de estudio (Figura 21).

Figura 21. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de papa en el Distrito de Huando



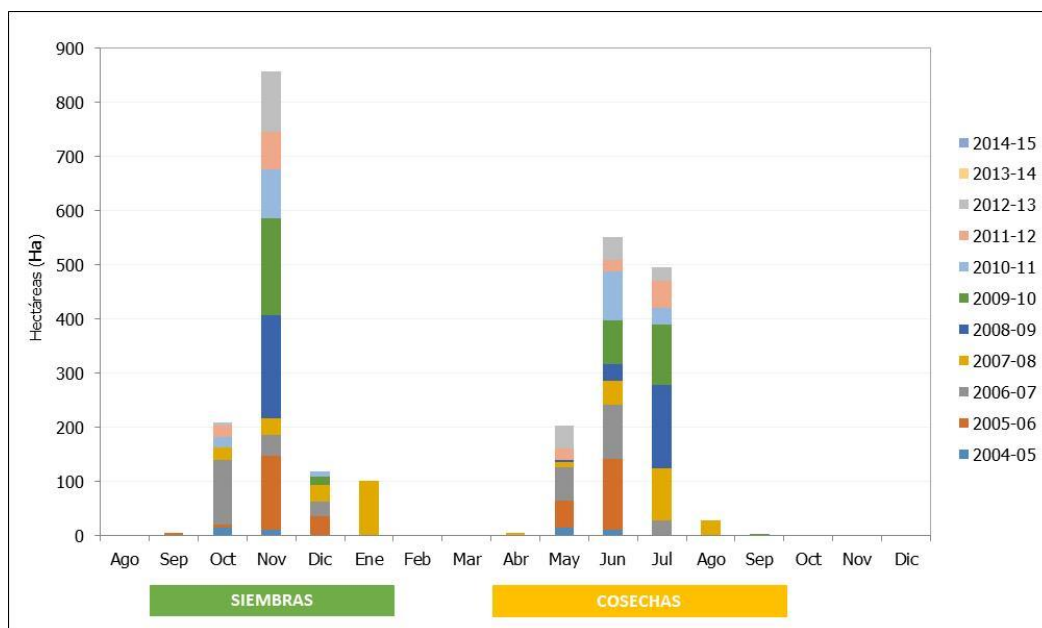
Fuente: DRA-Huancavelica (2015). Elaboración SENAMHI

5.3.5 Trigo

Entre los meses de octubre y diciembre, la mayoría de productores realizan la siembra del cultivo de trigo. Sin embargo, es preciso mencionar que si bien en la campaña 2007-08 se siguió esta estacionalidad, la mayor parte de la superficie sembrada se realizó en enero (siembra tardía). Respecto a la cosecha, la estacionalidad histórica del cultivo muestra que se concentra esta labor entre mayo y julio.

El acumulado histórico de las campañas agrícolas (2004-05 al 2014-15) indica que se han sembrado en total 1288 ha, de las cuales 1282 ha fueron cosechadas en el Distrito de Huando (Figura 22).

Figura 22. Estacionalidad histórica de las siembras y cosechas del cultivo de trigo en el Distrito de Huando



Fuente: DRA-Huancavelica (2015). Elaboración SENAMHI

VI. COMPORTAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL CLIMA DURANTE EL PERÍODO AGRÍCOLA

La presente sección analiza las variaciones del clima, tanto a nivel temporal como espacial, durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos priorizados. Se incide principalmente en el análisis de la temperatura del aire, la precipitación, la evapotranspiración potencial, la humedad relativa y el viento como los elementos del clima que más influyen en la productividad agrícola.

6.1 TEMPERATURA DEL AIRE

La configuración topográfica y la orientación en dirección noreste a suroeste de la elevación del terreno propician la existencia de variados escenarios térmicos en el área de estudio.

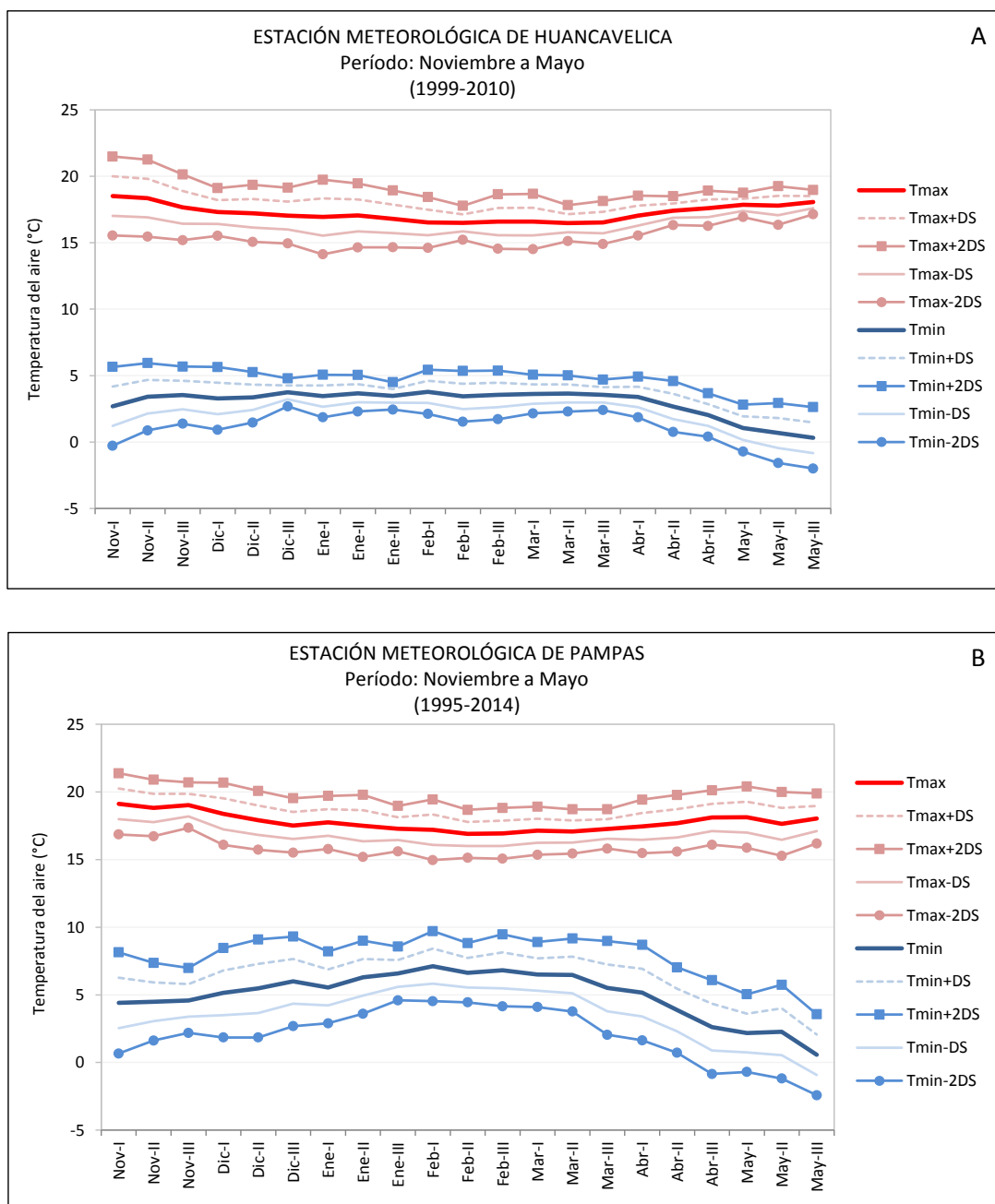
6.1.1 Distribución temporal

En las Figuras 23a al 23c se muestra el comportamiento promedio de la temperatura máxima y mínima del aire en las estaciones de Acostambo, Pampas y Huancavelica, con sus respectivas desviaciones standard, durante el período agrícola (noviembre a mayo) de los cultivos priorizados.

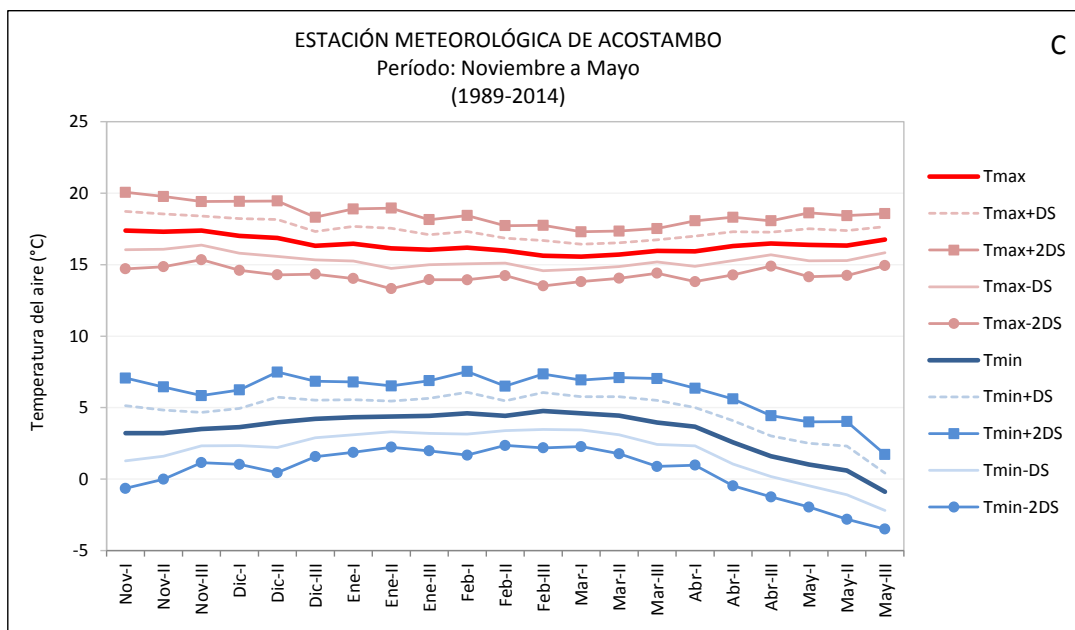
En el período agrícola, las estaciones vecinas registran temperaturas máximas decadiarias muy similares que oscilan entre 15 °C y 18 °C. Las temperaturas mínimas decadiarias presentan pequeñas diferencias entre los rangos de temperatura, tal es así que la

estación de Huancavelica registra valores entre 0 °C y 4 °C (Figura 23a), Pampas entre 0 °C y 6 °C (Figura 23b) y Acostambo entre -1 °C y 4 °C (Figura 23c).

Figura 23. Variación decadiaria promedio de la temperatura máxima y mínima del aire en estaciones aledañas al área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI



Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

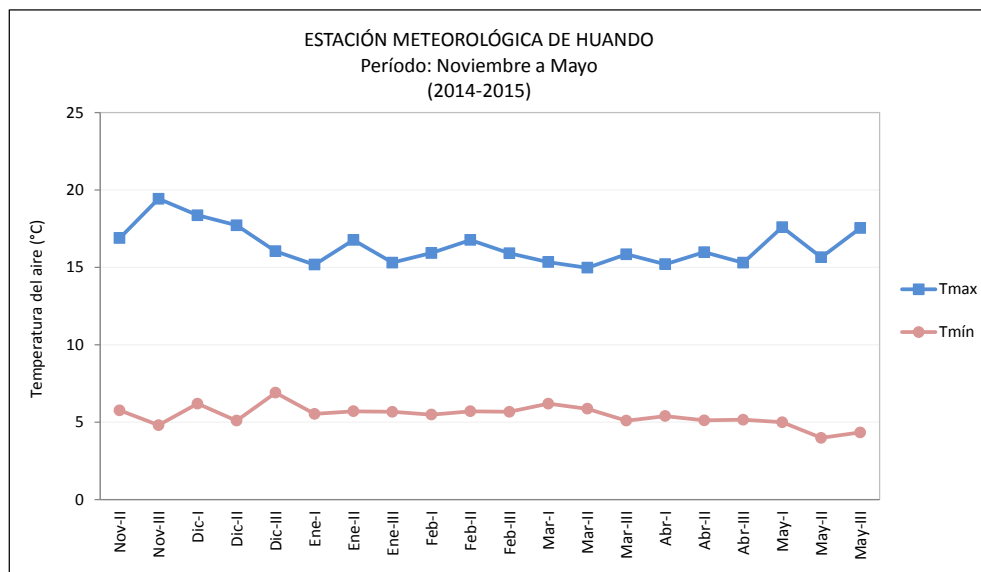
La Figura 24 muestra la variación temporal decadiaria promedio de las temperaturas máximas y mínimas del aire, en la estación ubicada dentro del área de estudio, durante el período agrícola 2014-15.

En el período agrícola, la temperatura máxima promedio varió de 15 °C a 19,4 °C y la temperatura mínima de 4 °C a 6,9 °C. El comportamiento temporal también muestra que los valores más altos de temperatura máxima se presentaron en la tercera década de noviembre (19 °C) y la primera década de diciembre (18 °C) debido a la reducción de la cobertura nubosa. Asimismo, los menores valores de temperatura mínima se produjeron en mayo, mes donde se registró valores entre 4 °C y 5 °C.

6.1.2 Distribución espacial

El Distrito de Huando muestra patrones térmicos estacionales relacionados a la altitud y topografía, por ejemplo en las partes bajas del norte (Microcuenca de Tambohuayoc y Huichongahuayjo) se encuentran zonas de abrigo. En la zona de la intercuenca, al centro del distrito, se ubican zonas templadas (Microcuenca de Quesesera y Huasmayo). Mientras que en las zonas altas de la puna, al sur del distrito, se ubican zonas frías que presentan regímenes térmicos extremos con amplia variación diurna (Microcuenca de Tinllaclla y Pallca-Pachachaca).

Figura 24. Variación decadiaria promedio de la temperatura máxima y mínima del aire en la estación ubicada dentro del área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.1.2.1 Temperatura media del aire

6.1.2.1.1 A nivel estacional

La distribución espacial de la temperatura media del aire en el área de estudio se presenta en los Mapas 4 al 7 correspondientes a las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

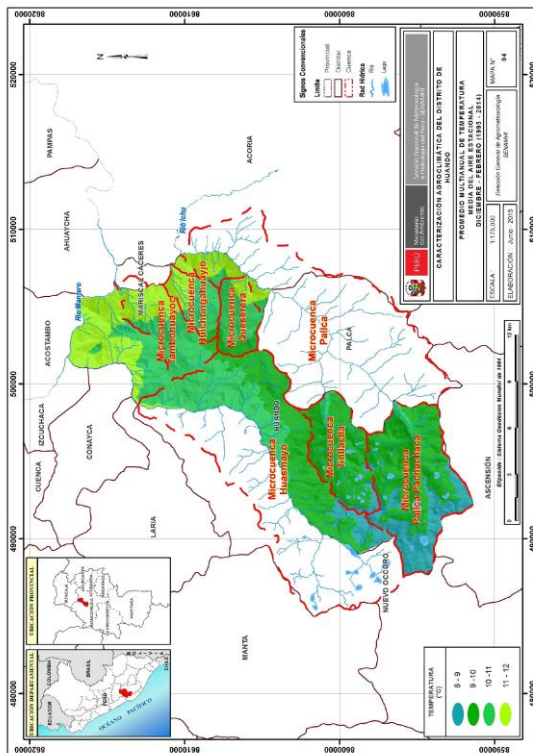
En general durante el año, la temperatura media del aire en el Distrito de Huando varía de 8 °C a 12 °C.

Durante la estación de verano y primavera (Mapas 4 y 7), el comportamiento de la temperatura media es similar con valores entre 11 °C y 12 °C hacia el extremo noreste, entre 9 °C y 11 °C en la parte central y entre 8 °C y 9 °C en las partes altas, siendo el área que ocupa esta última mayor en la estación de primavera.

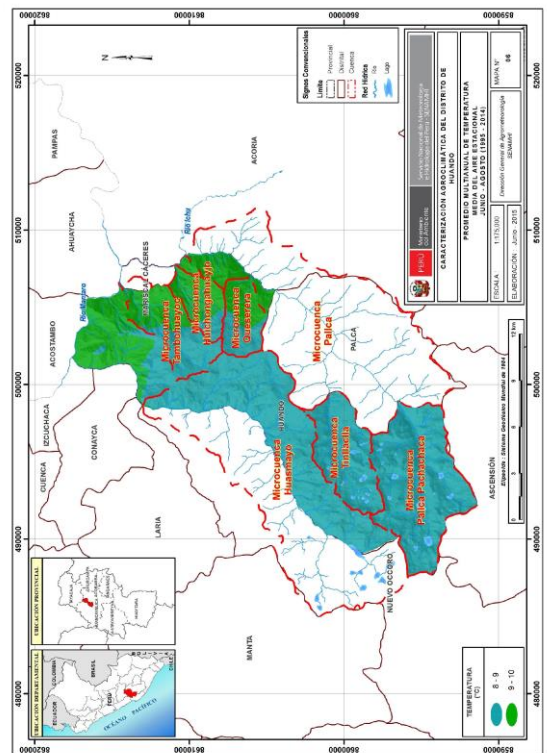
En el otoño (Mapa 5) predominan temperaturas medias entre 9 °C y 10 °C, valores que ocupan todo el centro, parte del norte y parte sur del distrito. Hacia las zonas altas, la temperatura empieza a disminuir alcanzando valores entre 8 °C y 9 °C.

Durante el invierno (Mapa 6) predominan temperaturas entre 8 °C a 9 °C en casi toda el área de estudio incluso en las partes más altas, en tanto que temperaturas entre 9 °C y 10 °C se localizan en el extremo norte del distrito.

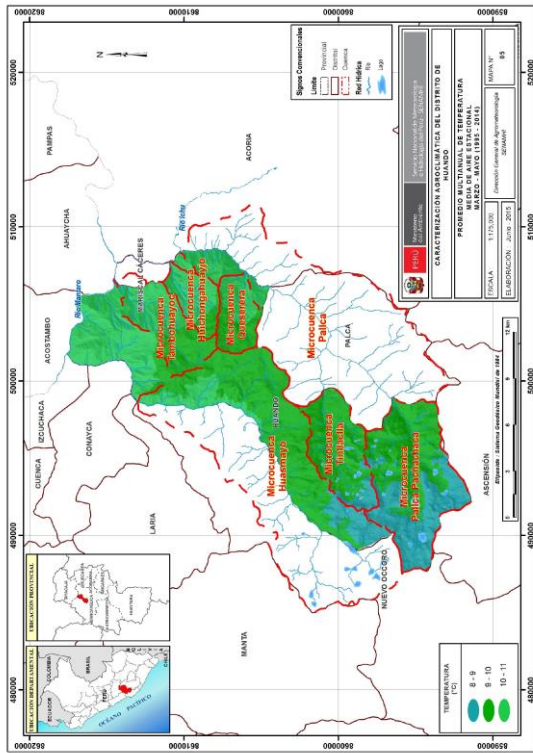
Mapa 4. Distribución espacial de la temperatura media del aire durante la estación de verano



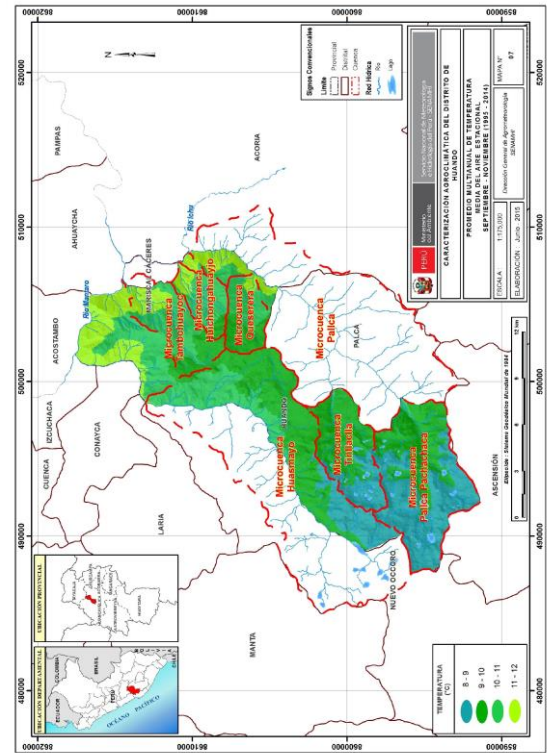
Mapa 6. Distribución espacial de la temperatura media del aire durante la estación de invierno



Mapa 5. Distribución espacial de la temperatura media del aire durante la estación de otoño



Mapa 7. Distribución espacial de la temperatura media del aire durante la estación de primavera



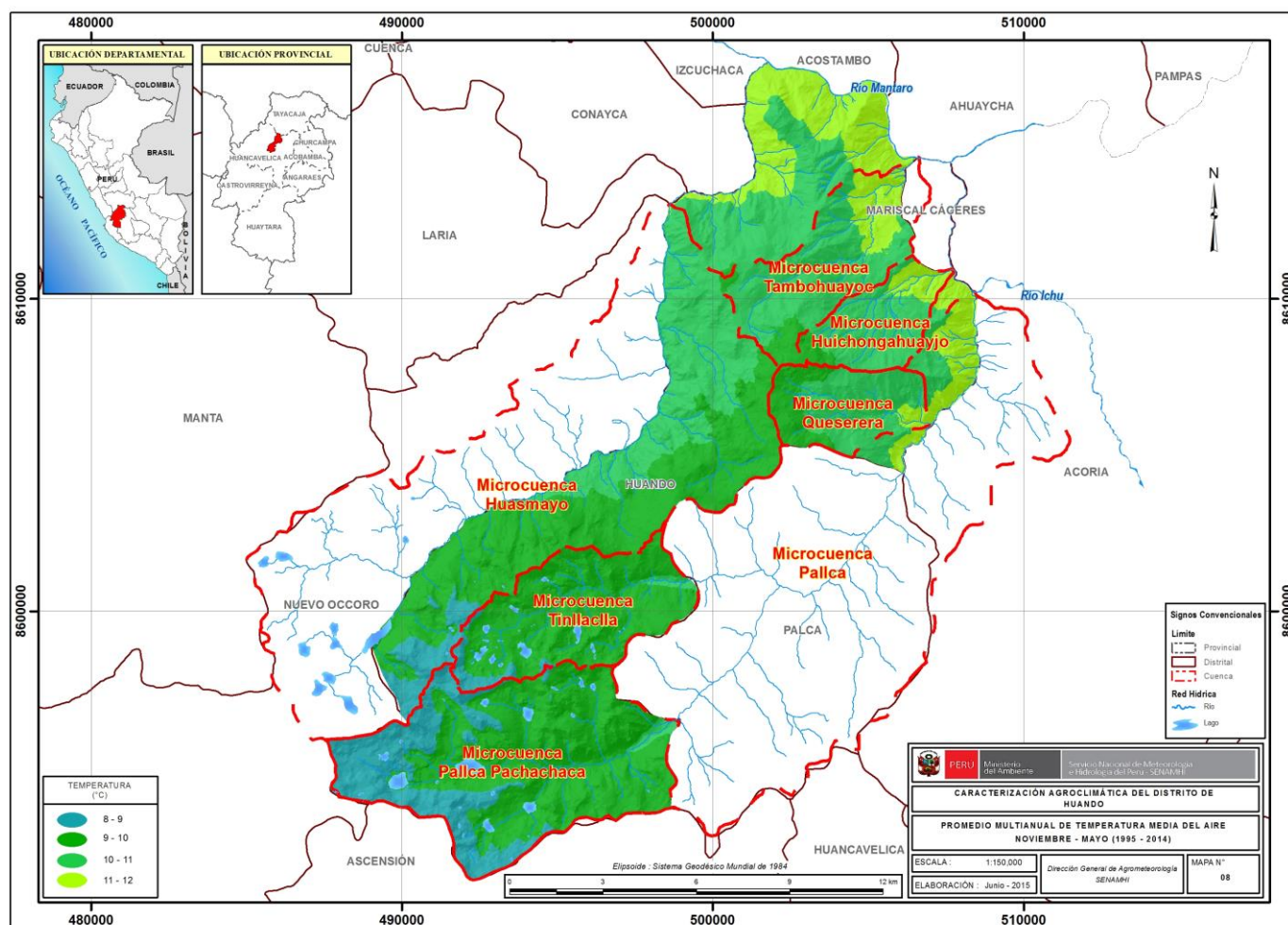
6.1.2.1.2 A nivel del período agrícola

El Mapa 8 muestra la distribución espacial de la temperatura media del aire, en el Distrito de Huando, durante el periodo agrícola 2014-15.

Se observa una similitud en el comportamiento de las temperaturas con las estaciones de verano y primavera. Durante el período agrícola predominan temperaturas de 9 °C a 12 °C en la parte central y norte, mientras que los menores valores (8 °C a 9 °C) se presentan en una delgada franja en la zona más al sur del distrito.

Las zonas agrícolas más aptas para la instalación de los cultivos priorizados se presentan en la zona conformada por las Microcuencas de Tambohuayoc, Huichongahuayjo y Queserera, las cuales presentan temperaturas en el rango de 10 °C y 12 °C.

Mapa 8. Distribución espacial de la temperatura media del aire durante el período agrícola de los cultivos priorizados



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.1.2.2 Temperatura máxima del aire

6.1.2.2.1 A nivel estacional

Los Mapas del 9 al 12 muestran la distribución espacial de la temperatura máxima del aire, en el Distrito de Huando, durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. Durante el año, la temperatura máxima oscila entre 15 °C y 19 °C.

En las estaciones de verano y primavera (Mapas 9 y 12) se observa un comportamiento similar en la temperatura máxima con valores entre 15 °C y 16 °C en las partes más altas, entre 16 °C y 17 °C al centro del distrito, mientras hacia el noreste se encuentran valores entre 17 °C y 18 °C, pudiendo alcanzar 18 °C a 19 °C en la estación de primavera, considerándose la estación más cálida.

En la estación de otoño (Mapa 10) se observa que predominan temperaturas entre 16 °C y 17 °C en casi toda el área de estudio, a excepción de la zona noreste donde las temperaturas se encuentran alrededor de los 17 °C y 18 °C.

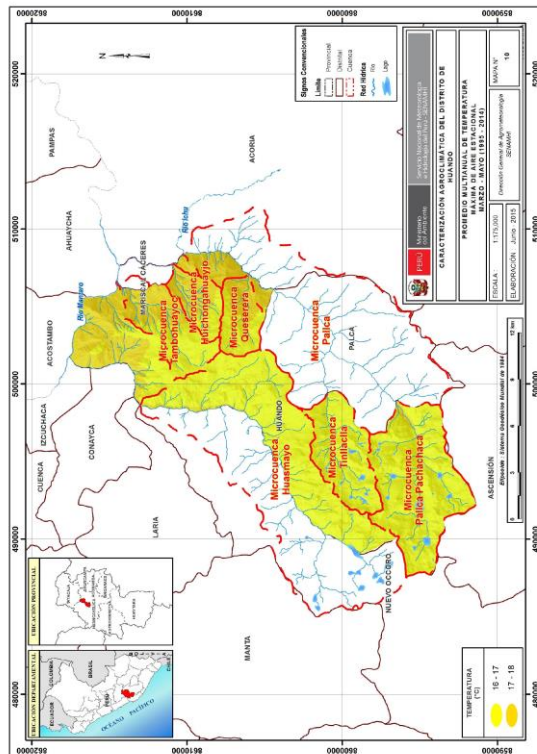
En la estación de invierno, cuando la radiación solar incidente disminuye en gran parte de la zona baja y central, se aprecia valores entre 17 °C y 18 °C, reduciéndose a 16 °C y 17 °C en las partes altas (Mapa 11). Los registros no muestran valores tan bajos como los encontrados en verano, esto es consecuencia de la ausencia de nubosidad lo cual permite el calentamiento de la superficie terrestre y la consecuente radiación termal responsable del calentamiento del aire en horas de la tarde.

6.1.2.2.2 A nivel del período agrícola

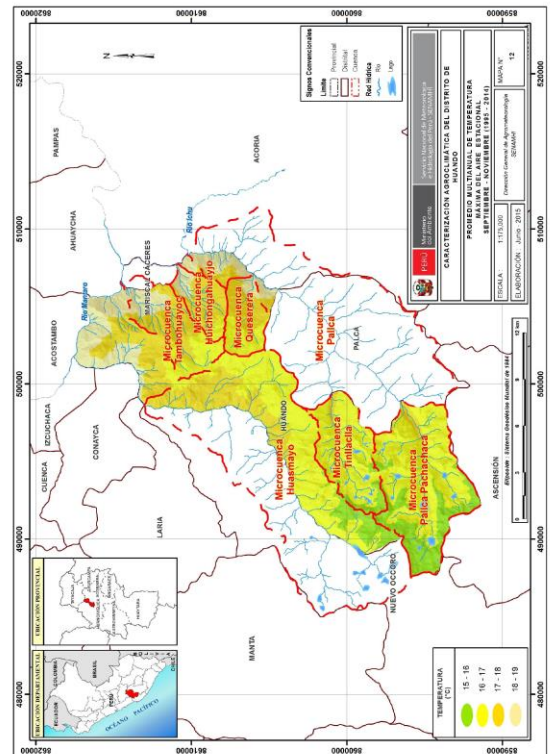
El Mapa 13 representa la distribución espacial de la temperatura máxima del aire, en el Distrito de Huando, durante el período agrícola 2014-15.

El comportamiento espacial de la temperatura máxima del aire, en el área de estudio, varía entre 16 °C y 18 °C. Puntualmente en casi todo el distrito predominan las temperaturas entre 16 °C y 17 °C, mientras que la franja más al noreste de Huando concentra temperaturas entre 17 °C y 18 °C.

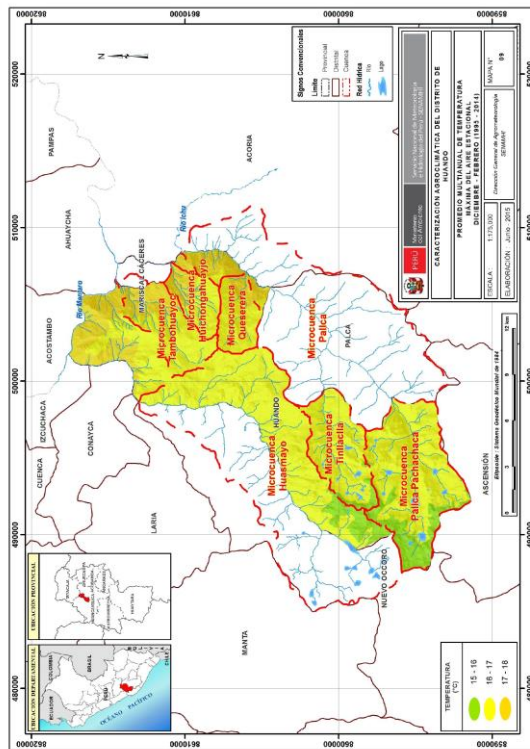
Mapa 10. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire durante la estación de otoño



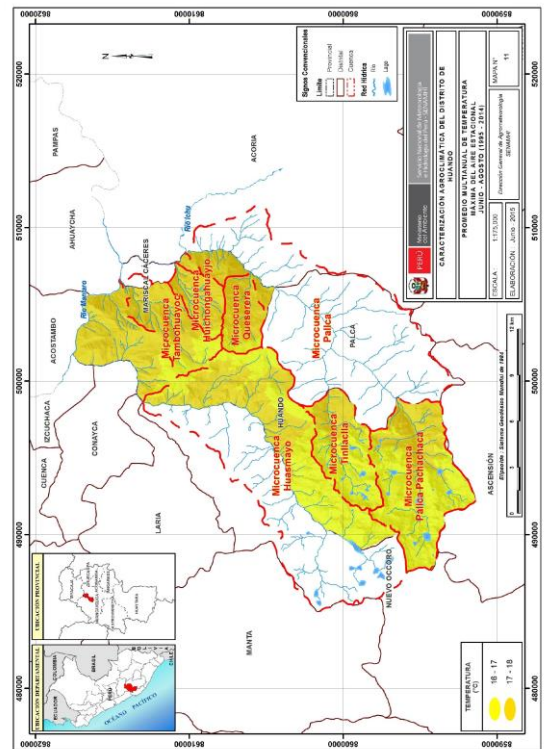
Mapa 12. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire durante la estación de primavera



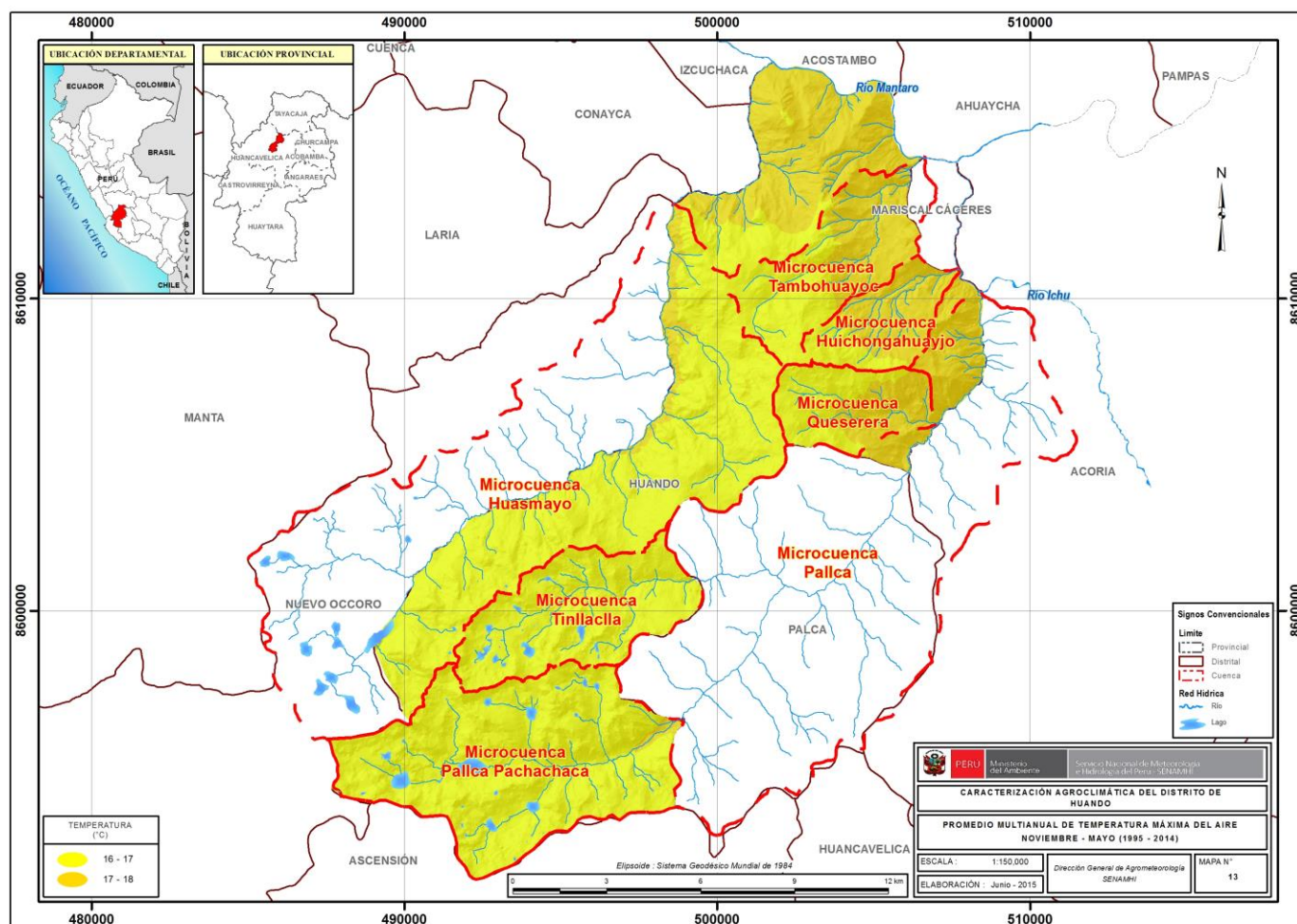
Mapa 9. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire durante la estación de verano



Mapa 11. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire durante la estación de invierno



Mapa 13. Distribución espacial de la temperatura máxima del aire durante el período agrícola de los cultivos priorizados



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.1.2.3 Temperatura mínima del aire

6.1.2.3.1 A nivel estacional

Los Mapas 14 al 17 muestran la distribución espacial de la temperatura mínima del aire en el área de estudio durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera. Durante el año, la temperatura mínima del aire varía de 0 °C a 7 °C.

En la estación de verano (Mapa 14), período caracterizado por la presencia de mayor cobertura nubosa, la temperatura mínima se presenta entre 2 °C y 4 °C en la parte central, mientras que en las zonas bajas las temperaturas oscilan entre 4 °C y 6 °C, una franja al noreste concentra los valores más altos (6 °C a 8 °C), en las zonas más altas se registra las menores temperaturas (0 °C a 2 °C).

En el otoño y primavera (Mapas 15 y 17), el comportamiento de la temperatura mínima es similar, con temperaturas entre 2 °C y 4 °C en la parte central, 4 °C y 5 °C en la franja nororiental y las temperaturas más bajas entre 0 °C y 2 °C, en las zonas más altas.

Los valores más bajos se presentan en el invierno (Mapa 16), con valores de temperatura mínima de 0 °C a 1 °C, asociado a la baja incidencia de radiación solar para el hemisferio sur y el enfriamiento radiativo máximo sobre la superficie terrestre debido a la escasez de nubosidad nocturna y poca humedad.

6.1.2.3.2 A nivel del período agrícola

El Mapa 18 muestra la distribución espacial de la temperatura mínima del aire, en el área de estudio, durante el período agrícola 2014-15.

En el período agrícola, el promedio de la temperatura mínima del aire oscila entre 0 °C y 6 °C, el área central concentra las temperaturas entre 2 °C y 4 °C. Los valores más altos se ubican en la región noreste (4 °C a 6 °C) y lo más bajos se encuentran en el sur del distrito, en las partes más altas con variaciones que oscilan entre 0 °C y 2 °C.

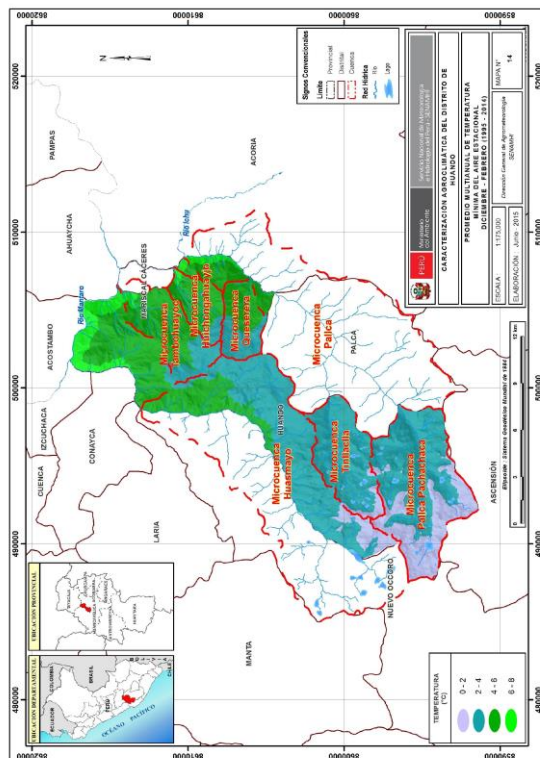
En general, las mejores condiciones para la producción de los cultivos priorizados ocurren en áreas agrícolas localizadas entre la Microcuenca de Huasmayo y las Microcuencas de Quesesera, Huichongahuayjo y Tambohuayoc, debido a que las temperaturas mínimas son superiores al umbral térmico mínimo (>4 °C) que requieren las plantas para su crecimiento.

6.2 HELADAS METEOROLÓGICAS Y AGRONÓMICAS

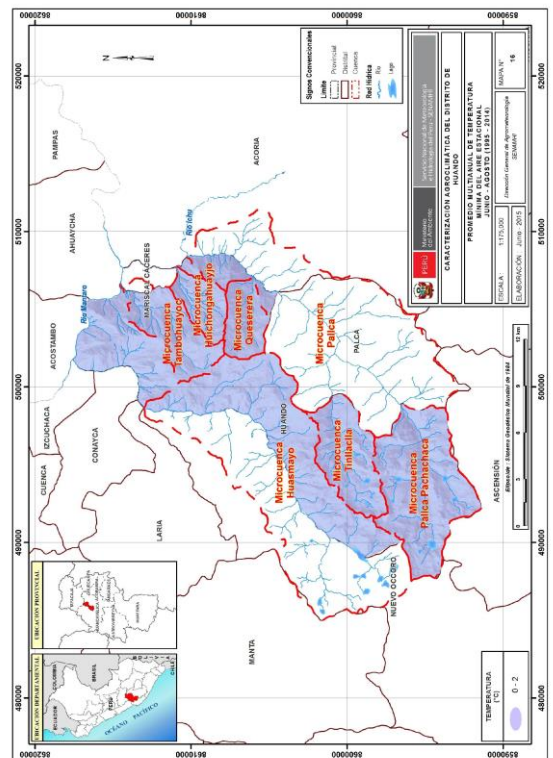
La variabilidad climática genera la mayor parte de las fluctuaciones interanuales en los rendimientos de cultivos anuales que representan una proporción importante de la alimentación básica de la humanidad (FAO, 1974). En este contexto, conocer las fechas medias de primera y última helada así como la duración del período con heladas y como se presenta a través del tiempo es de fundamental importancia al momento de tomar decisiones respecto a la elección de especies y variedades a cultivar y la probabilidad de ocurrencia.

Sin embargo dada la carencia de datos históricos en el Distrito de Huando se realizó un análisis de heladas meteorológicas y agronómicas en función de las temperaturas de estaciones cercanas más representativas.

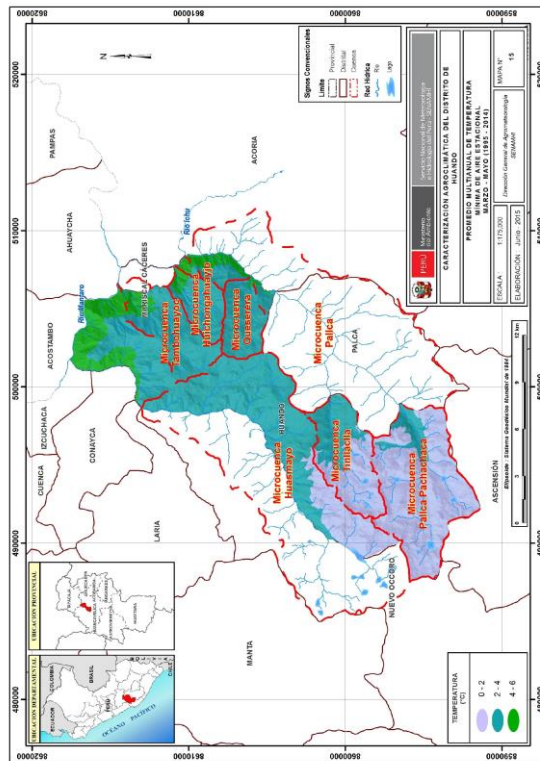
Mapa 14. Distribución espacial de la temperatura mínima del aire durante la estación de verano



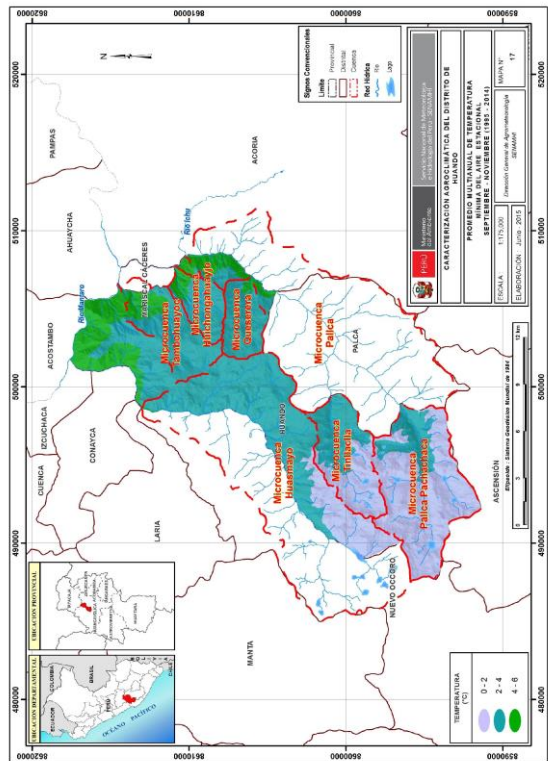
Mapa 16. Distribución espacial de la temperatura mínima del aire durante la estación de invierno



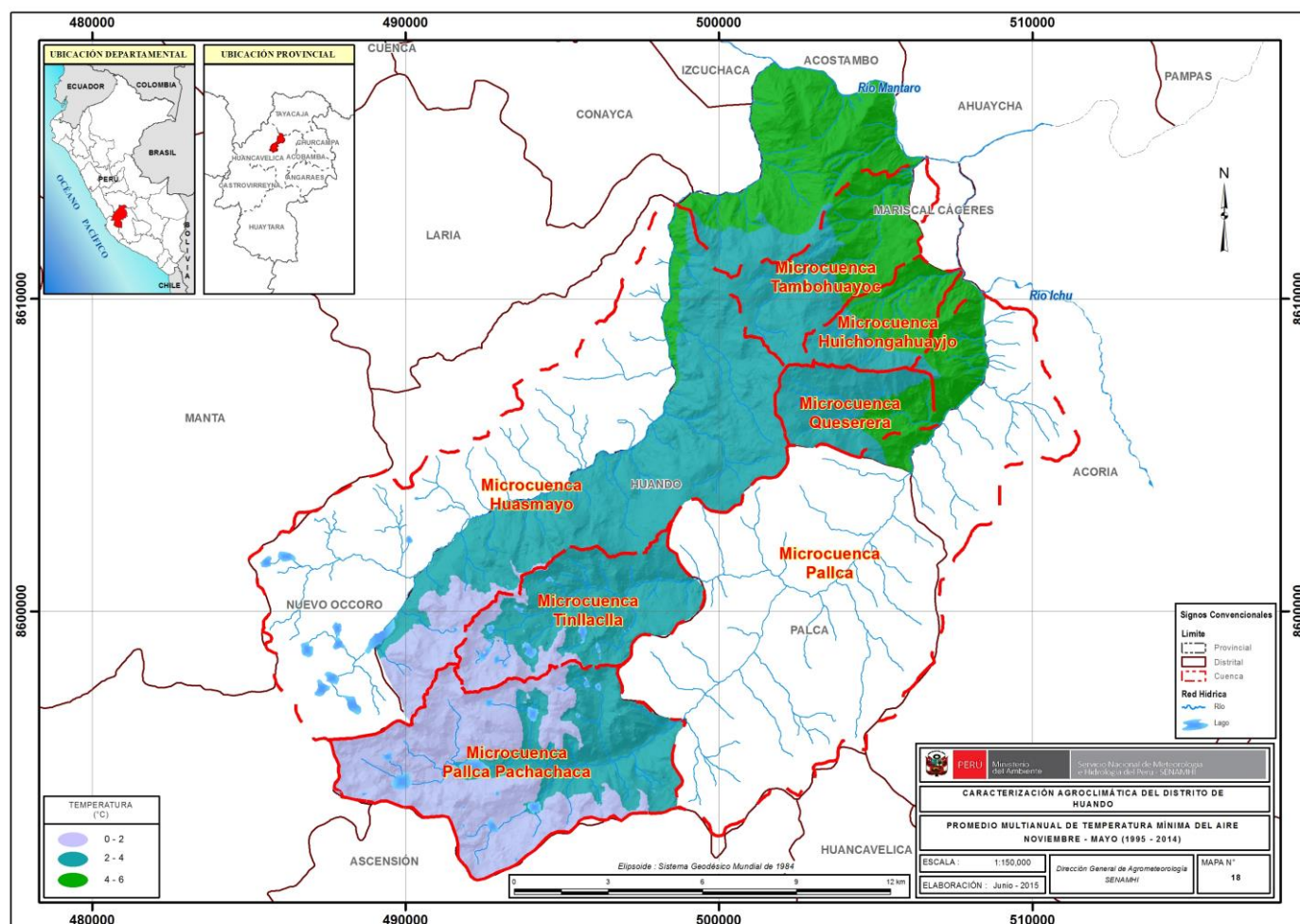
Mapa 15. Distribución espacial de la temperatura mínima del aire durante la estación de otoño



Mapa 17. Distribución espacial de la temperatura mínima del aire durante la estación de primavera



Mapa 18. Distribución espacial de la temperatura mínima del aire durante el período agrícola de los cultivos priorizados



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.2.1 Heladas meteorológicas

Intensidad de las heladas meteorológicas

La Sierra del Perú, se encuentra fuertemente influido por la presencia de la cordillera de los Andes (Valdivia, 1977), por ello las heladas meteorológicas en la zona de estudio ubicado en la región centro-sur el descenso de la temperatura mínima se registra a partir de otoño y se intensifica en el invierno.

Durante la etapa vegetativa y reproductiva de los cultivos priorizados predominaron heladas meteorológicas de intensidad entre suave a moderada. Asimismo, en las estaciones de Acostambo, Huancavelica y Pampas fue posible apreciar la ocurrencia de heladas meteorológicas de intensidad fuerte, los cuales se observan con mayor detalle en la Tabla 17.

Tabla 17. Intensidad de las heladas meteorológicas en estaciones aledañas al Distrito de Huando

Severidad de la helada meteorológica	Rango	ACOSTAMBO		HUANCAVELICA		PAMPAS	
		Total	Noviembre a mayo	Total	Noviembre a mayo	Total	Noviembre a mayo
		%	%	%	%		
Muy severo	< a -10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Severo	-8 a -9,9	0,4	0,2	0,4	0,2	0,8	0,2
Muy fuerte	-6 a -7,9	4,6	2,2	4,3	2,2	2,1	2,2
Fuerte	-4 a -5,9	14,8	7,3	14,3	6,6	13,6	12,6
Moderado	-2 a -3,9	35,9	31,3	36,1	29,5	32,9	31,3
Suave	0 a -1,9	44,2	59,1	45,0	61,5	50,4	53,7

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire. Elaboración SENAMHI

Fechas de primeras y últimas heladas meteorológicas

Según la información presentada en la Tabla 18, se aprecia que las primeras heladas meteorológicas ocurren en promedio entre el 28 de febrero y el 17 de abril, con una variabilidad de 41 a 48 días, la intensidad de las heladas en este caso oscila de -0,6 °C a -1,5 °C, registrándose los menores valores en Acostambo (-1,5 °C) y Huancavelica (-1,2 °C). La última helada meteorológica puede ocurrir en promedio entre el 4 y el 21 de noviembre, con una variabilidad de 37 a 65 días, la intensidad de las heladas meteorológicas en este caso varía de -0,9 °C a -1,7 °C, registrándose los menores valores en Huancavelica (-1,7 °C) y Acostambo (-1,2 °C).

Período libre de heladas meteorológicas

El período libre de heladas meteorológicas en el Distrito de Huando, en promedio, oscila de 108 a 164 días, con una desviación de 62 a 82 días. Dentro de éste período los cultivos priorizados pueden crecer con una menor probabilidad de ser afectados por los descensos de la temperatura mínima.

Tabla 18. Caracterización de las primeras, últimas y periodo libre de heladas meteorológicas en estaciones aledañas al Distrito de Huando

Caracterización de las heladas meteorológicas		ACOSTAMBO	HUANCANELICA	PAMPAS
Primeras Heladas	Fecha media	8 Mar	17 Abr	17 Abr
	Desviación estándar	48,0	41,3	41,3
	Máxima	10 May	26 May	26 May
	Mínima	2 Ene	14 Ene	14 Ene
	Intensidad media	-1,5	-0,6	-0,6
	Desviación estándar	1,1	0,8	0,8
Últimas Heladas	Fecha media	21 Nov	4 Nov	4 Nov
	Desviación estándar	51,6	37,5	37,5
	Máxima	30 Dic	28 Dic	28 Dic
	Mínima	28 Abr	31 Ago	31 Ago
	Intensidad media	-1,2	-0,9	-0,9
	Desviación estándar	0,9	0,6	0,6
Período libre de heladas	Fecha media	108	164	164
	Desviación estándar	81,5	62,3	62,3

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire. Elaboración SENAMHI

6.2.2 Heladas agronómicas

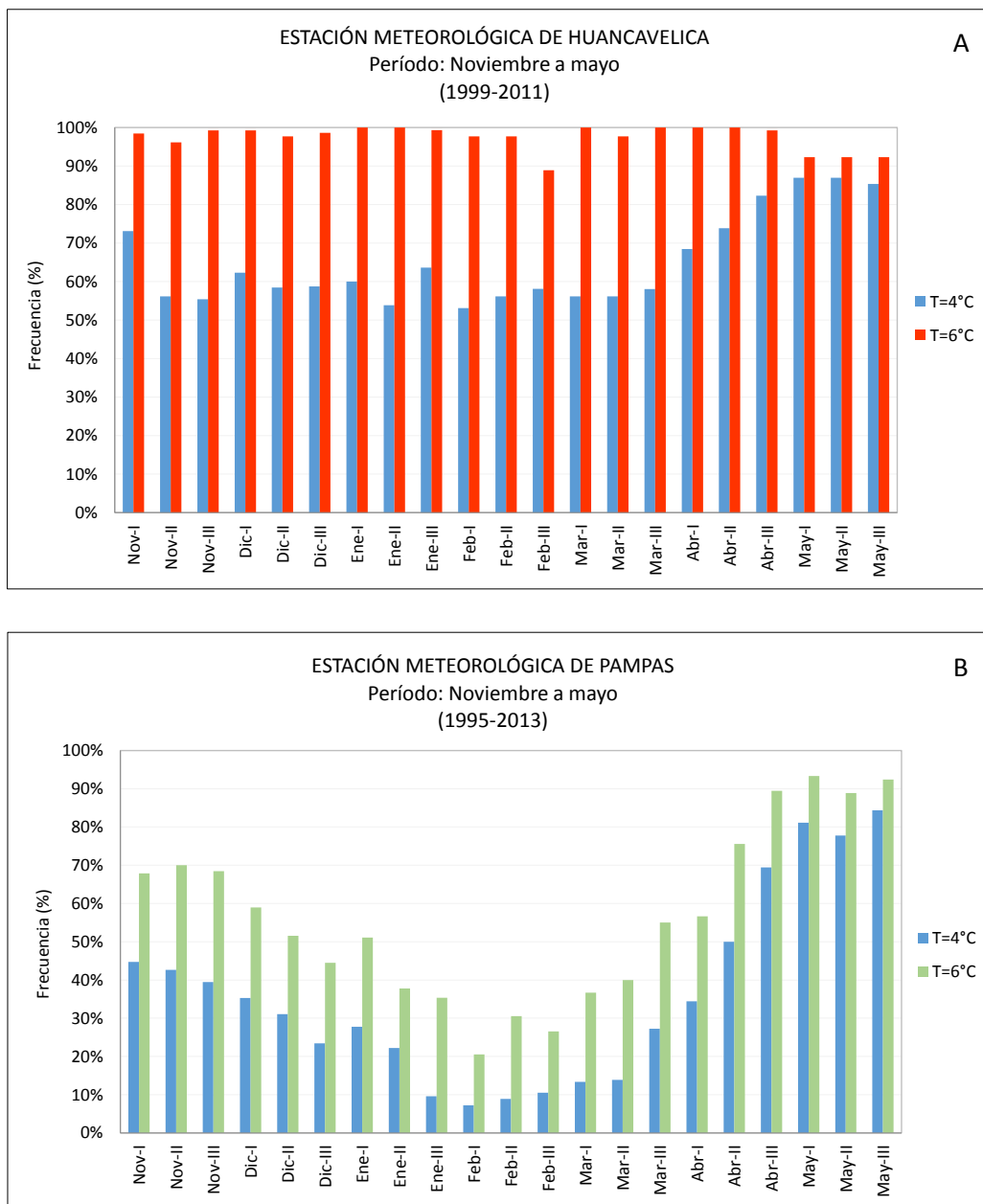
Frecuencia relativa de heladas agronómicas

En las estaciones aledañas al Distrito de Huando, la frecuencia relativa de heladas agronómicas para una $T_B = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ muestra que oscila entre 50% y 90% en la estación de Huancavelica (Figura 25a), entre 10% a 80% en Pampas (Figura 25b) y entre 30% y 90% en Acostambo (Figura 25c). Durante la etapa crítica del cultivo (enero y febrero) solo la estación de Pampas muestra las menores frecuencias, lo cual indica que el impacto por el efecto de las bajas temperaturas en este lugar es menor que en las estaciones de Huancavelica y Acostambo.

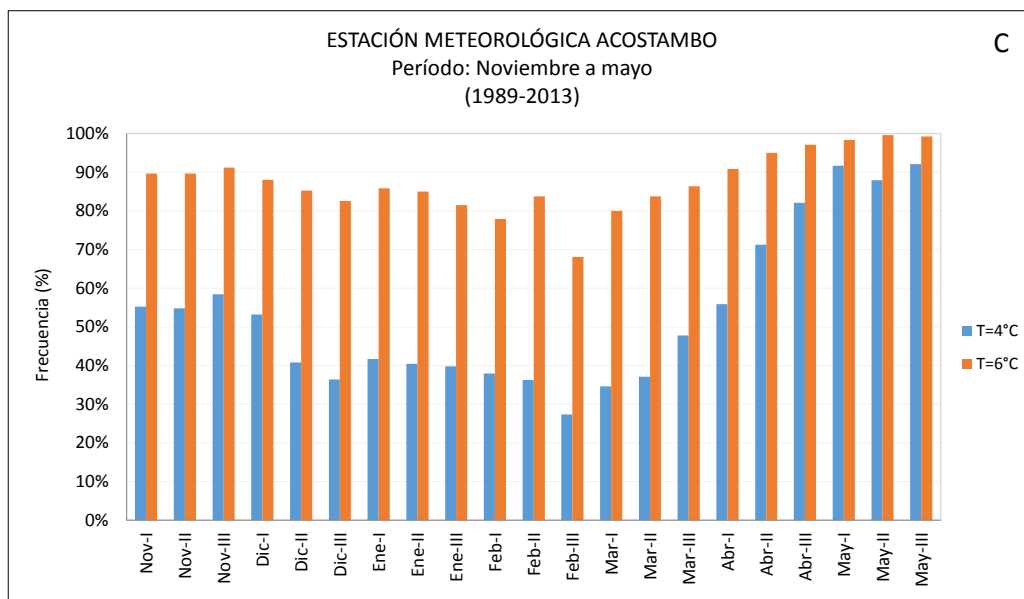
Para una $T_B = 6^{\circ}\text{C}$, la frecuencia relativa de heladas agronómicas es mayor en las tres estaciones vecinas e incluso llegando a alcanzar valores muy próximos al 100% tal como se observa en la estación de Huancavelica (Figura 25a). Para las demás estaciones los valores oscilaron entre 20% y 90% (Pampas) y 70% a 100% (Acostambo).

Durante el período agrícola, la ocurrencia de estas bajas temperaturas en períodos sensibles de las plantas puede ocasionar la destrucción de flores, ruptura de las membranas de la célula por el crecimiento de cristales de hielo dentro del protoplasma, muerte de la planta, entre otros.

Figura 25. Frecuencia relativa promedio de heladas agronómicas para una temperatura base de 4 °C y 6 °C en estaciones aledañas al área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI



Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

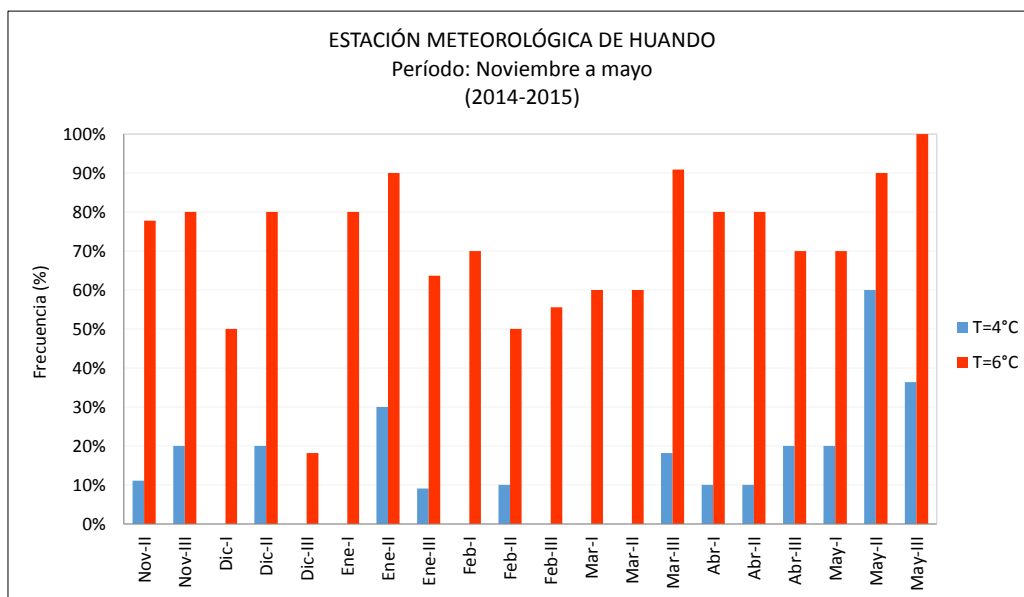
El análisis de las estaciones vecinas al Distrito de Huando nos da una referencia que pueda existir en la zona extremo suroccidental del distrito mayor riesgo para los cereales, legumbres y tubérculos pues es ahí donde se ubican las frecuencias más altas de heladas agronómicas.

En referencia al período agrícola 2014-15, se presentaron disminuciones en la frecuencia de heladas agronómicas en temperaturas por debajo de los 4 °C y 6 °C entre 60% y 80% en la estación de verano.

En la Figura 26, la frecuencia de heladas agronómicas con temperaturas mínimas por debajo de los 6 °C aumenta críticamente en todo el período agrícola, siendo determinante en los meses fríos y secos invernales y para estaciones ubicadas a mayores altitudes (Microcuenca de Pallca-Pachachaca).

En general, en el Distrito de Huando las zonas bajas (valles Interandinos, al norte del distrito) se caracterizan como lugares aptos para la producción agrícola por ser regiones de abrigo térmico ante eventos severos.

Figura 26. Frecuencia relativa promedio de heladas agronómicas para una temperatura base de 4 °C y 6 °C en la estación ubicada dentro del área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI

Fechas de primeras y últimas heladas agronómicas

La Tabla 19 muestra la caracterización de las primeras, últimas y período libre de heladas agronómicas, en estaciones aledañas al Distrito de Huando, considerando las temperaturas base de cada cultivo priorizado.

Para el cultivo de papa nativa, con una temperatura base de 4 °C, se registra las primeras heladas agronómicas en promedio del 3 al 11 de enero, con una variabilidad de 2 a 20 días y una intensidad entre 2,6 °C a 3,3 °C; asimismo, las últimas heladas agronómicas ocurren en promedio del 9 al 17 de diciembre, con una variabilidad de 49 a 66 días y una intensidad entre 2,3 °C a 3,1 °C.

Los cultivos de cebada grano, haba y trigo, que tienen una temperatura base de 5 °C, registran las primeras heladas agronómicas en promedio del 2 al 8 de enero, con una variabilidad de 0 a 15 días y una intensidad entre 3 °C y 3,5 °C; asimismo, las últimas heladas agronómicas ocurren en promedio del 12 al 19 de diciembre, con una variabilidad de 49 a 65 días y una intensidad entre 2,9 °C a 3,4 °C.

Para el cultivo de papa mejorada, a una temperatura base de 6 °C, se registra en promedio las primeras heladas agronómicas del 2 al 7 de enero, con una variabilidad de 0 a 15 días y una intensidad entre 3 °C a 4 °C; y las últimas heladas agronómicas del 13 al 20 de diciembre, con una variabilidad de 49 a 65 días y una intensidad entre 3,4 °C a 4,1 °C.

Para el maíz amiláceo, el cual sufre daños con temperaturas inferiores a 7 °C, registra las primeras heladas agronómicas en promedio entre el 2 al 6 de enero, con una variabilidad de 0 a 14 días y una intensidad entre 3 °C a 5,2 °C; y las últimas heladas agronómicas en promedio del 13 al 30 de diciembre, con una variabilidad de 49 a 65 días y una intensidad entre 3,4 °C a 4,3 °C.

Período libre de heladas agronómicas

El período libre de heladas agronómicas en los alrededores de Huando varía de 49 a 58 días. Dentro de éste período los cultivos priorizados pueden desarrollarse con una menor probabilidad de ser afectados por los descensos de temperatura mínima, siendo muy importante para la mayoría de los cultivos de las partes altas.

Tabla 19. Caracterización de las primeras, últimas y período libre de heladas agronómicas en estaciones aledañas al área de estudio

HUANCAVELICA					
Caracterización de las heladas agronómicas		Papa nativa (TB= 4°C)	Haba/Cebada Trigo (TB=5 °C)	Papa mejorada (TB=6 °C)	Maíz amiláceo (TB= 7 °C)
Primeras Heladas	Fecha media	3 Ene	2 Ene	2 Ene	2 Ene
	Desviación estándar	2,6	0,0	0,0	0,0
	Máxima	12 Ene	2 Ene	2 Ene	2 Ene
	Mínima	2 Ene	2 Ene	2 Ene	2 Ene
	Intensidad media	2,8	3,0	3,0	3,0
	Desviación estándar	1,2	1,4	1,4	1,4
Últimas Heladas	Fecha media	12 Dic	13 Dic	13 Dic	13 Dic
	Desviación estándar	65,1	65,2	65,2	65,2
	Máxima	30 Dic	30 Dic	30 Dic	30 Dic
	Mínima	30 Abr	30 Abr	30 Abr	30 Abr
	Intensidad media	3,1	3,4	3,4	3,4
	Desviación estándar	0,9	1,1	1,2	1,2
Período libre de heladas	Fecha media	21	20	19	19
	Desviación estándar	64,9	65,2	65,2	65,2
PAMPAS					
Caracterización de las heladas agronómicas		Papa nativa (TB= 4°C)	Haba/Cebada Trigo (TB=5°C)	Papa mejorada (TB=6 °C)	Maíz amiláceo (TB= 7 °C)
Primeras Heladas	Fecha media	11 Ene	8 Ene	7 Ene	6 Ene
	Desviación estándar	19,5	14,3	14,5	14,0
	Máxima	23 Mar	3 Mar	3 Mar	1 Mar
	Mínima	2 Ene	2 Ene	2 Ene	2 Ene
	Intensidad media	3,3	3,5	4,0	5,2
	Desviación estándar	0,7	0,9	1,3	1,6
Últimas Heladas	Fecha media	9 Dic	12 Dic	16 Dic	16 Dic
	Desviación estándar	56,2	56,7	57,4	57,4
	Máxima	30 Dic	30 Dic	30 Dic	30 Dic
	Mínima	30 Abr	30 Abr	30 Abr	30 Abr
	Intensidad media	2,4	2,9	4,1	4,3
	Desviación estándar	1,3	1,7	1,9	2,0
Período libre de heladas	Fecha media	32	26	21	20
	Desviación estándar	57,7	57,2	57,8	58,0

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire. Elaboración SENAMHI

ACOSTAMBO					
Caracterización de las heladas agronómicas		Papa nativa (TB= 4°C)	Haba/Cebada Trigo (TB= 5 °C)	Papa mejorada (TB=6 °C)	Maíz amiláceo (TB= 7 °C)
Primeras Heladas	Fecha media	6 Ene	3 Ene	2 Ene	2 Ene
	Desviación estándar	6,6	1,8	0,9	0,0
	Máxima	29 Ene	8 Ene	5 Ene	2 Ene
	Mínima	2 Ene	2 Ene	2 Ene	2 Ene
	Intensidad media	2,6	3,3	3,8	3,9
	Desviación estándar	1,2	1,6	1,8	2,0
Ultimas Heladas	Fecha media	17 Dic	19 Dic	20 Dic	20 Dic
	Desviación estándar	49,3	49,7	49,8	49,8
	Máxima	30 Dic	30 Dic	30 Dic	30 Dic
	Mínima	30 Abr	30 Abr	30 Abr	30 Abr
	Intensidad media	2,3	3,3	3,6	3,7
	Desviación estándar	1,9	2,2	2,2	2,3
Período libre de heladas	Fecha media	19	14	13	12
	Desviación estándar	49,1	49,5	49,7	49,8

Fuente: Datos históricos de temperatura mínima del aire. Elaboración SENAMHI

6.3 PRECIPITACIÓN

El régimen de precipitación, en la zona alto andina, ocupada por el Distrito de Huando está influenciada por mecanismos físicos y de circulación atmosférica local, además la ubicación del distrito sobre la franja central de la cordillera determina el impacto de las masas de aire caliente y húmedo provenientes de la cuenca amazónica sobre la cordillera, las cuales ascienden por efecto orográfico y descargan toda la humedad en las zonas más altas de la zona de estudio (puna húmeda).

Del mismo modo, la circulación atmosférica local está determinada por los flujos del este que favorecen la advección de aire húmedo amazónico hacia los andes orientales y centrales, además durante la época lluviosa los flujos zonales del este se incrementan en todos los niveles de la tropósfera, por ello se tiene la presencia de lluvias copiosas sobre las zonas altas del distrito.

Otro factor importante sobre la distribución y cantidad de precipitación viene a ser la fuente o reservorio natural de agua, dado que el distrito cuenta con varias lagunas y bofedales en el suroeste, zona comprendida por la puna húmeda (Microcuenca de Pallca-Pachachaca) la cual contribuye a la saturación del sistema mediante la evapotranspiración potenciando la actividad convectiva.

6.3.1 Inicio del período lluvioso

El inicio del período lluvioso en la sierra peruana está condicionado al desplazamiento a un nivel de mesoescala de los sistemas atmosféricos hacia el sur, las cuales proporcionan condiciones que facilitan la intensificación de los vientos del este, ingreso de aire cálido y húmedo del Atlántico, y la generación e intensificación de mecanismos que favorecen la inestabilidad atmosférica y el cual da origen de las primeras lluvias primaverales (Trebejo y Díaz, 1998; SENAMHI, 2013).

La Tabla 20 muestra las fechas de inicio y duración promedio de la estación lluviosa para las estaciones cercanas al Distrito de Huando.

En Pampas se observa que el período lluvioso en promedio dura 5 meses con un acumulado de 71% del total anual, en Huancavelica 4 meses acumulando el 64% y en Acostambo el período lluvioso en promedio es de 6 meses con una precipitación acumulada de 71% del total anual. En resumen, se observa que el período de inicio se da entre noviembre y diciembre y el término en el mes de marzo.

Tabla 20. Inicio y duración promedio de la estación lluviosa en estaciones aledañas al área de estudio

Estación	Meses												Estación lluviosa		
	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Inicio	Fin	Período
Huancavelica	2,5	5,5	7,4	7,7	13,0	16,1	17,8	17,8	7,4	2,1	1,2	1,5	Dic	Mar	4
Pampas	2,9	4,9	8,2	8,5	14,3	16,5	16,7	14,4	5,9	2,8	2,4	2,4	Nov	Mar	5
Acostambo	2,6	5,5	9,1	9,9	13,7	15,5	17,8	14,0	6,0	2,6	1,6	1,8	Oct	Mar	6

Fuente: Datos históricos de precipitación. Elaboración SENAMHI

La Tabla 21 muestra las fechas de inicio y duración promedio de la estación lluviosa en la estación localizada en el Distrito de Huando durante el período agrícola 2014-15.

El período lluvioso inicia en el mes de diciembre y culmina en marzo, teniendo una duración promedio de 4 meses, donde en el período analizado se acumuló un 71% de las lluvias, siendo los más frecuentes y abundantes los meses de enero, febrero y marzo (19,7%, 18,8% y 18,8%) respectivamente.

Tabla 21. Inicio y duración promedio de la estación lluviosa en la estación ubicada dentro del área de estudio

Estación	Meses										Estación lluviosa		
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul		Inicio	Fin	Período
Huando	6,5	13,9	19,7	18,8	18,8	6,9	3	0,9	2,3		Dic	Mar	4

Fuente: Datos históricos de precipitación. Elaboración SENAMHI

6.3.2 Distribución temporal

Las Figuras 27a al 27c muestran el comportamiento temporal decadiario promedio de las precipitaciones en las estaciones de Huancavelica, Acostambo y Pampas durante el período agrícola noviembre a mayo.

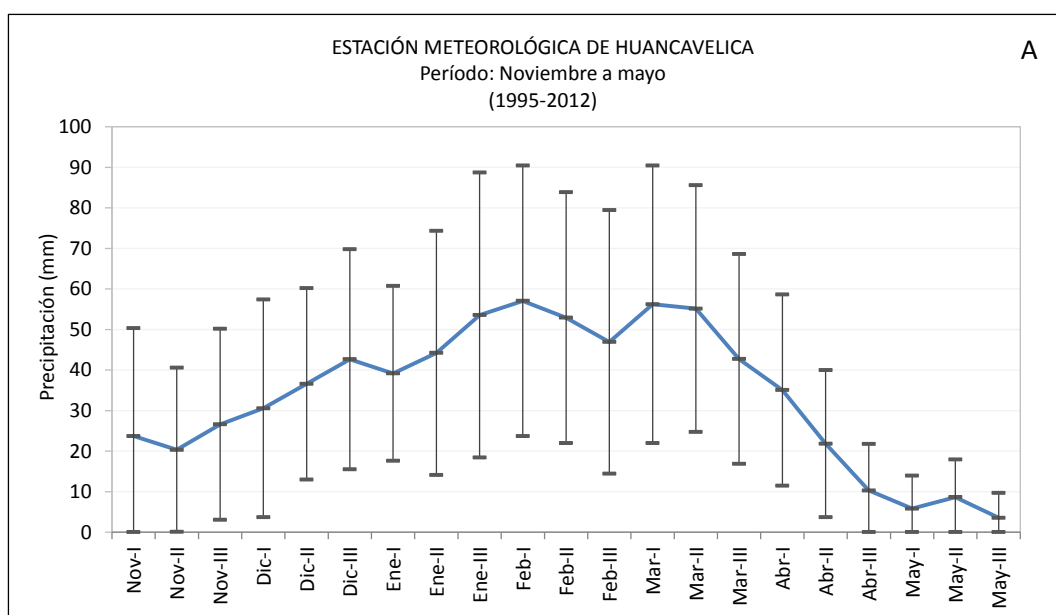
En la estación de Huancavelica, las precipitaciones inician en promedio a partir de la segunda década de diciembre hasta finalizar aproximadamente en la segunda década de marzo, además su pico máximo se registra en la primera década de febrero, disminuyendo la intensidad de la precipitación aproximadamente en la tercera década de marzo (Figura 27a).

En la estación de Pampas, el inicio del período de precipitación ocurre a partir de la tercera década de noviembre, finalizando alrededor de la primera década de marzo del siguiente año (Figura 27b).

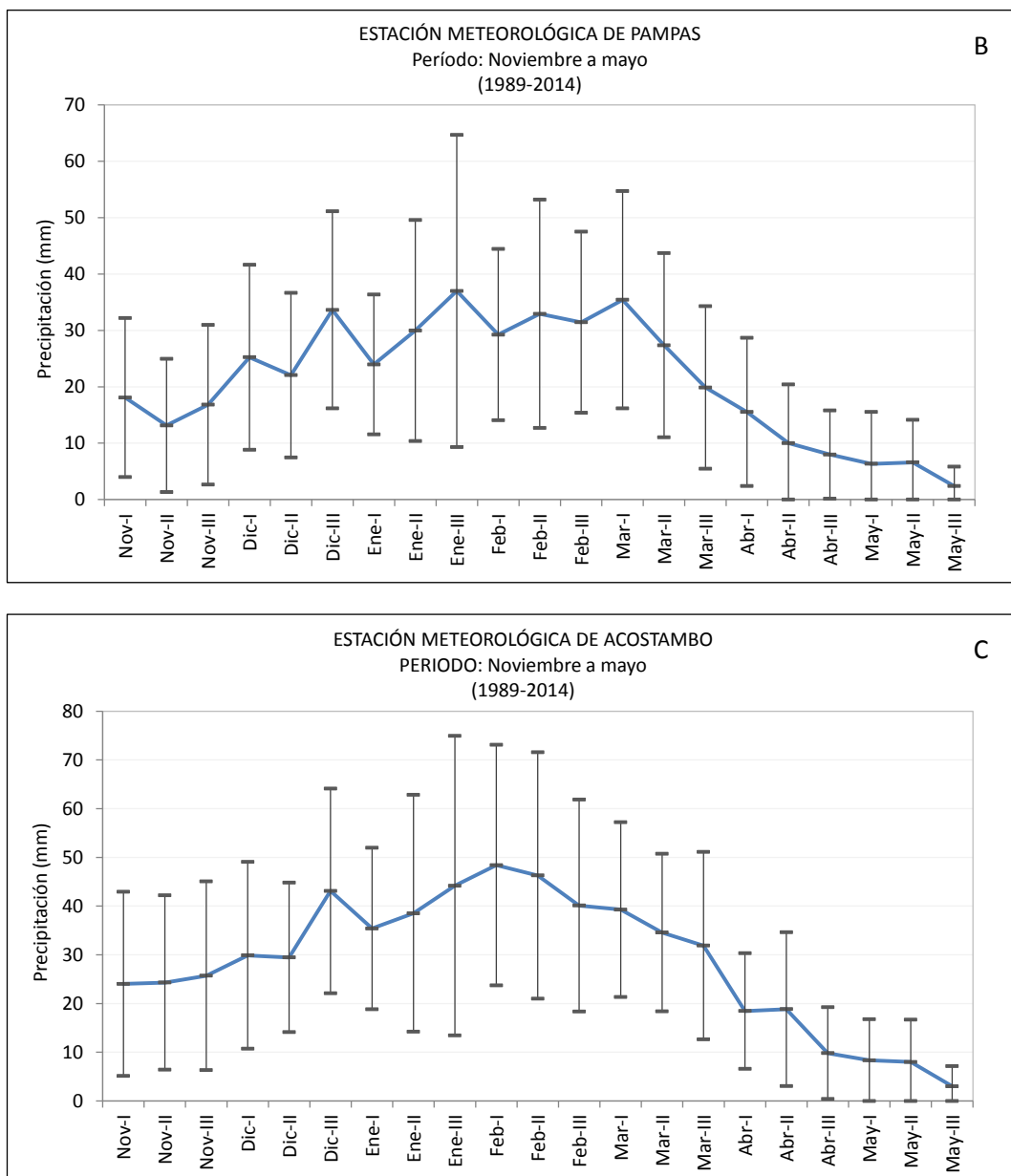
Finalmente, la estación de Acostambo, con una tendencia parecida a Huancavelica, el inicio del periodo lluvioso se presenta en la tercera década de noviembre, finalizando a partir de la primera década de marzo (Figura 27c).

En conclusión, las precipitaciones en las regiones aledañas al Distrito de Huando, comienzan entre noviembre a diciembre incrementándose los valores hacia el mes de enero y llegando a sus picos máximos a finales de enero y comienzos de febrero, disminuyendo su intensidad a partir de la primera década de marzo.

Figura 27. Comportamiento decadiario promedio de la precipitación en estaciones aledañas al área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI



Fuente: Elaboración SENAMHI

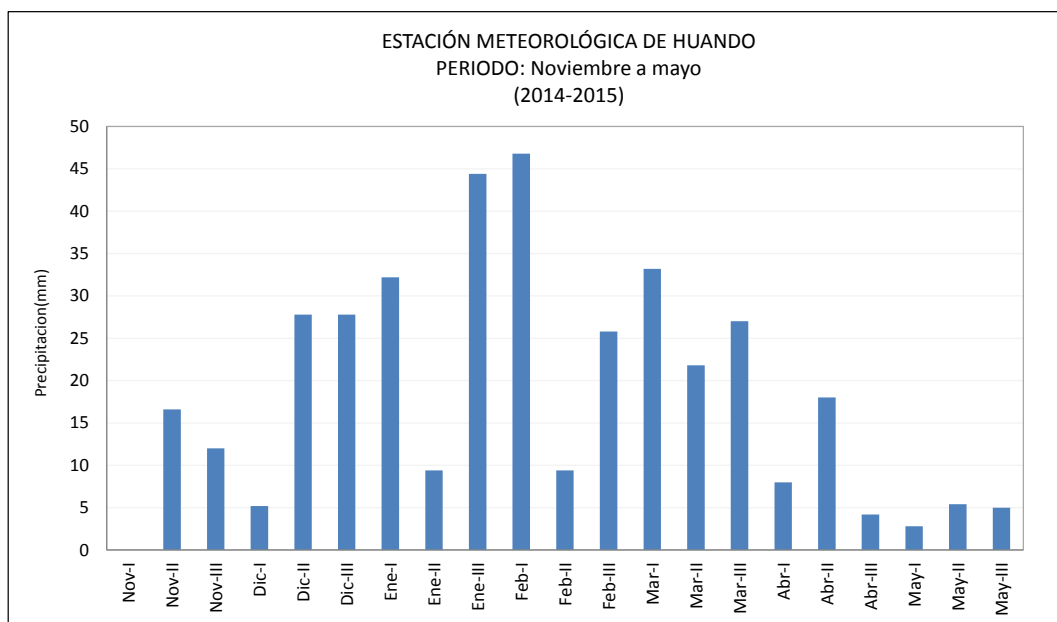
Estación Huando

La Figura 28 muestra el comportamiento temporal promedio decadiario de las precipitaciones acumuladas durante el período agrícola 2014-15.

Las precipitaciones en el Distrito de Huando muestran una alta variabilidad temporal, comienzan en la primera década de diciembre incrementando los valores hacia el mes de enero y llegando a sus picos máximos a finales de enero y comienzos de febrero, disminuyendo su intensidad a partir de la tercera década de abril, y sus mínimos promedio en junio.

En conclusión con respecto al análisis de las estaciones más cercanas, se puede resaltar la similitud en promedio del período de inicio y fin de las precipitaciones respecto al área de estudio, mas no se puede afirmar lo mismo de la intensidad debido a la falta de información histórica.

Figura 28. Comportamiento decadiario promedio de la precipitación en la estación ubicada dentro del área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.3.3 Distribución espacial

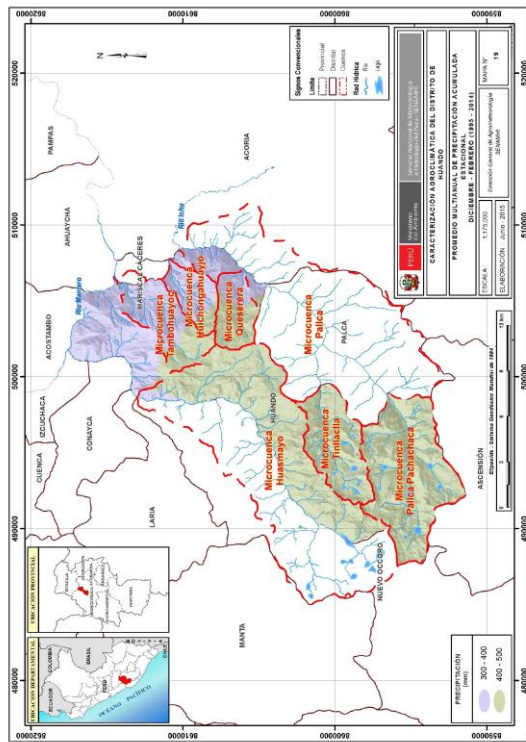
6.3.3.1 A nivel estacional

Los Mapas 19 al 22 muestran la distribución espacial de la precipitación acumulada en el área de estudio durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

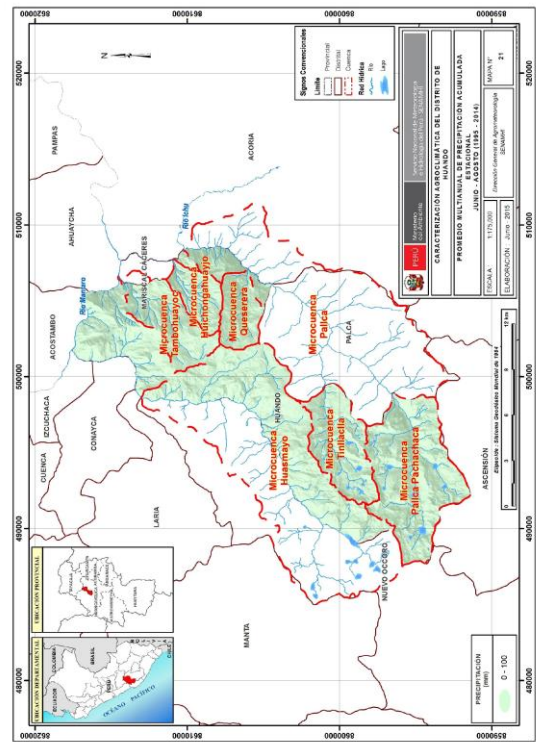
En el Distrito de Huando, la distribución estacional de la precipitación durante el verano (Mapa 19) registra los valores máximos de lluvia acumulada (400 mm a 500 mm) en las zonas más altas ubicadas en el extremo sur occidental del distrito. Menores valores (300 mm a 400 mm) corresponden a las microcuencas de los valles interandinos, en el nororiente.

En otoño con la finalización del verano lluvioso en la zona alto andina, las precipitaciones acumuladas incrementan de norte a sur y están en el orden de 100 mm a 300 mm (Mapa 20). En invierno, cuando existe estabilidad atmosférica generalizada sobre el Distrito de Huando (Mapa 21), las lluvias son esporádicas y llegan a totalizar cantidades inferiores a 100 mm.

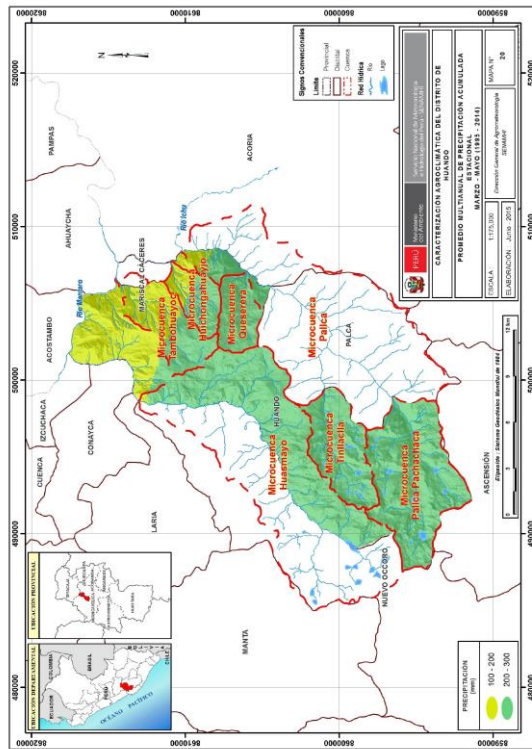
Mapa 19. Distribución espacial de la precipitación acumulada durante la estación de verano



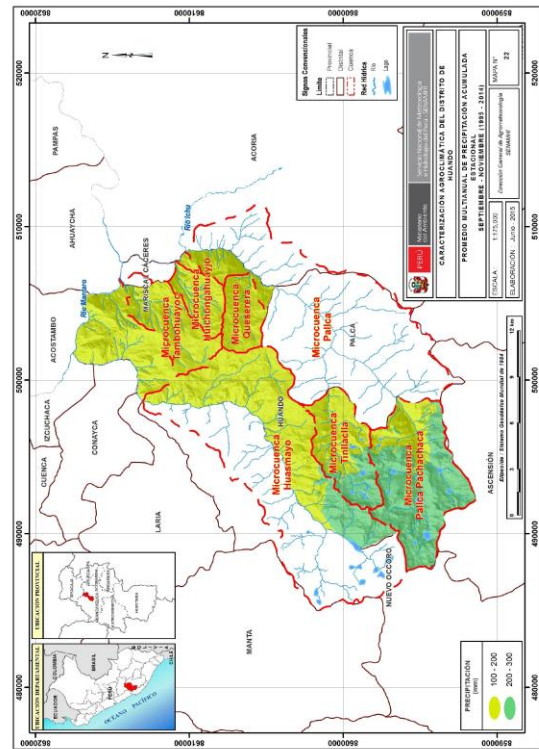
Mapa 21. Distribución espacial de la precipitación acumulada durante la estación de invierno



Mapa 20. Distribución espacial de la precipitación acumulada durante la estación de otoño



Mapa 22. Distribución espacial de la precipitación acumulada durante la estación de primavera



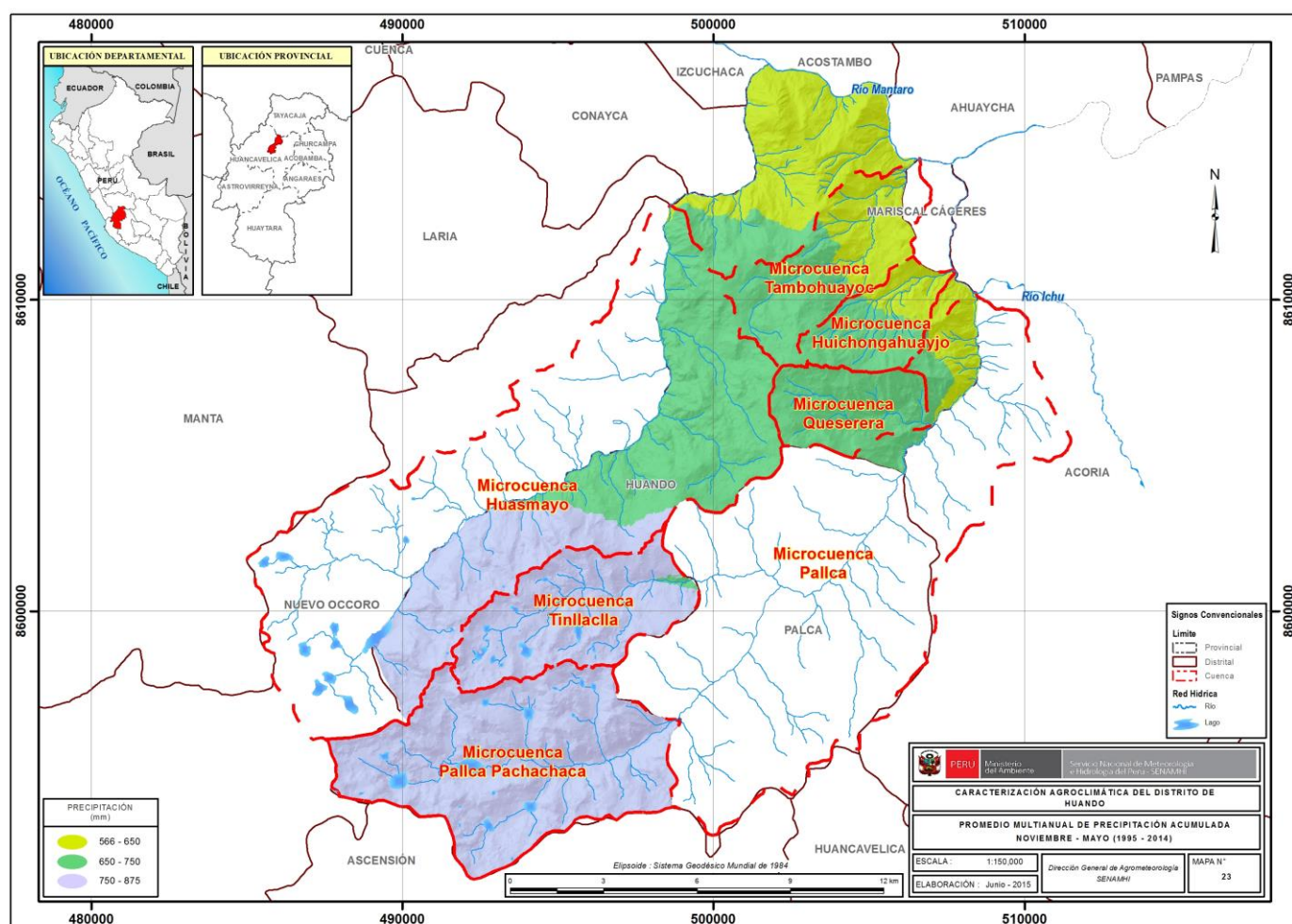
Las precipitaciones en primavera (Mapa 22) son dispersas comenzando a ser más frecuentes hacia la zona más alta del distrito. La zona demarcada por la Microcuenca de Palca-Pachachaca totalizan entre 200 mm y 300 mm, de ahí hacia el centro y al noreste las precipitaciones van en disminución, con un valor un valor acumulado inferior a 200 mm.

6.3.3.2 A nivel del período agrícola

El Mapa 23 muestra la distribución espacial de la precipitación acumulada para el período agrícola de los cultivos priorizados.

En general, las mejores condiciones para la producción de los cultivos priorizados, en el Distrito de Huando, se localizan en áreas agrícolas que presentan regímenes de precipitación acumulada entre 500 mm y 750 mm, las cuales corresponden a zonas del distrito ubicadas al noreste.

Mapa 23. Distribución espacial de la precipitación acumulada durante el período agrícola de los cultivos priorizados



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.4 SEQUÍAS AGRÍCOLAS

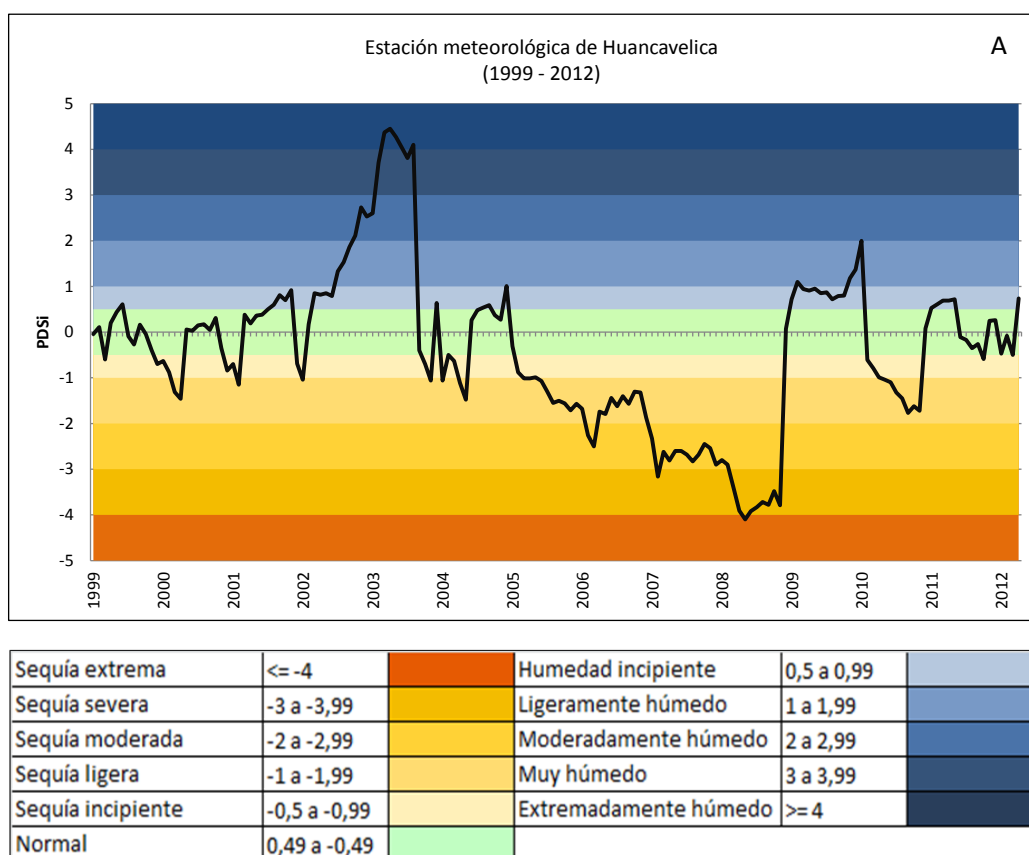
Dado que la sequía es uno de los peligros naturales más dañinos y frecuentes en todo el mundo, que produce impactos negativos en la agricultura, en los recursos hídricos, en los ecosistemas y también en aspectos socioeconómicos, además son fenómenos naturales difíciles de identificar en tiempo y espacio, siendo complejo determinar el inicio como el final de la misma. En este capítulo se hará un análisis temporal mediante la utilización de un índice de sequía, el cual nos ayudara a evaluar sus características.

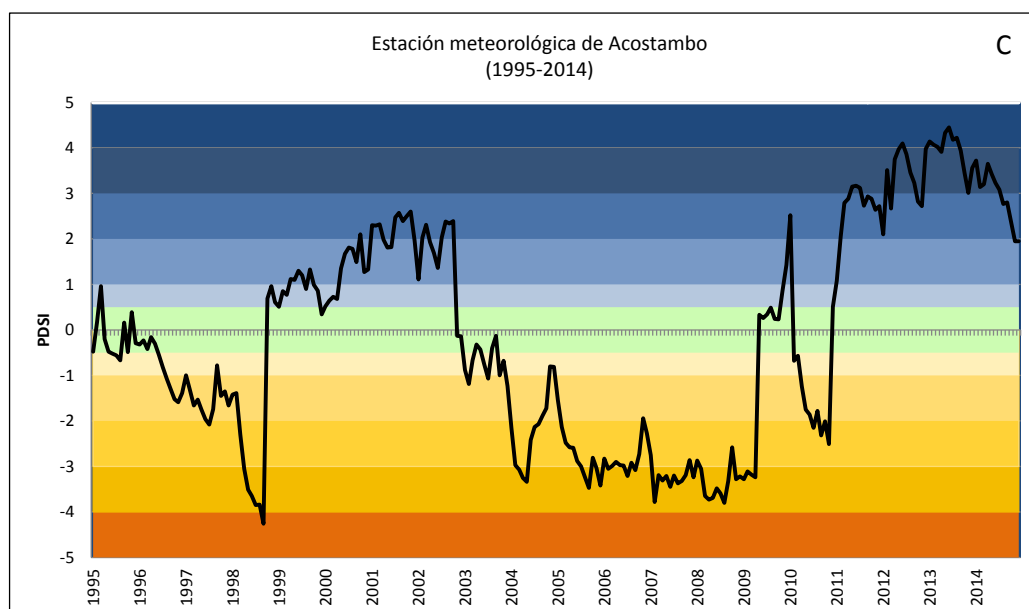
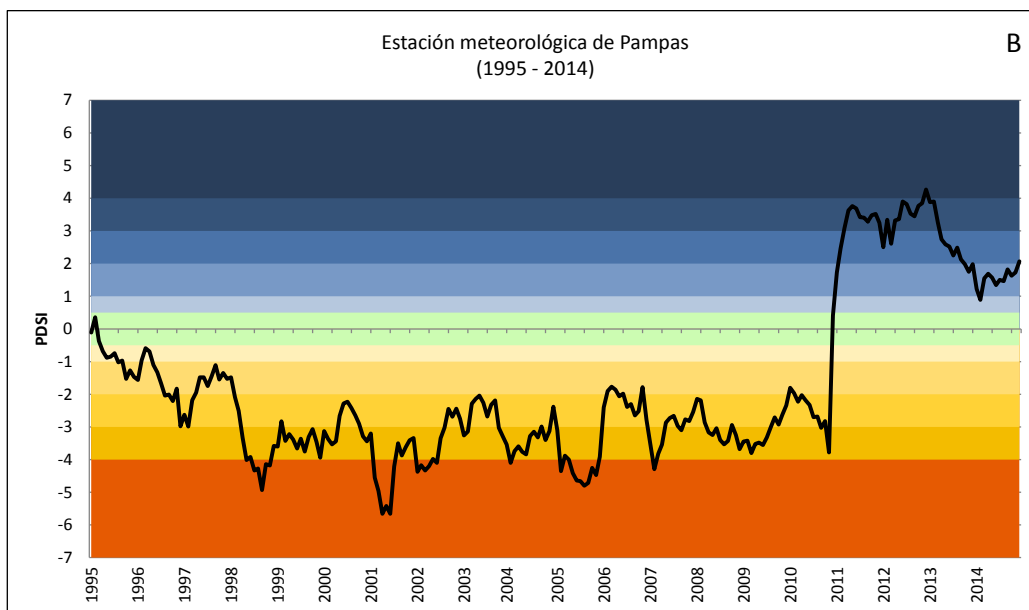
La Figura 29a muestra la distribución temporal multianual del índice de sequía (PDSI) para la estación Huancavelica, para el período 1999-2012. En el gráfico, se observa que ocurrieron períodos de sequía agrícola con intensidad entre moderada a severa en los períodos 2005-2008. Así también se destacan períodos húmedos durante el 2002 a 2003.

En la Figura 29c se presenta la distribución temporal multianual del índice de sequía para la estación de Acostambo. Se puede resaltar las sequías agrícolas con intensidad de moderada a severa (período 1996-1998 y 2005-2008); así mismo se destacan eventos húmedos ocurridos durante los períodos 2001-2003 y 2011-14.

En resumen las estaciones de Acostambo y Huancavelica registraron períodos de sequía agrícola en el período 2005-2008 en conjunto.

Figura 29. Variación multianual del índice de sequías agrícolas en estaciones aledañas al área de estudio





Sequía extrema	≤ -4		Humedad incipiente	0,5 a 0,99	
Sequía severa	-3 a -3,99		Ligeramente húmedo	1 a 1,99	
Sequía moderada	-2 a -2,99		Moderadamente húmedo	2 a 2,99	
Sequía ligera	-1 a -1,99		Muy húmedo	3 a 3,99	
Sequía incipiente	-0,5 a -0,99		Extremadamente húmedo	≥ 4	
Normal	0,49 a -0,49				

Fuente: Elaboración SENAMHI

6.5 EVAPOTRASNPIRACIÓN REFERENCIAL

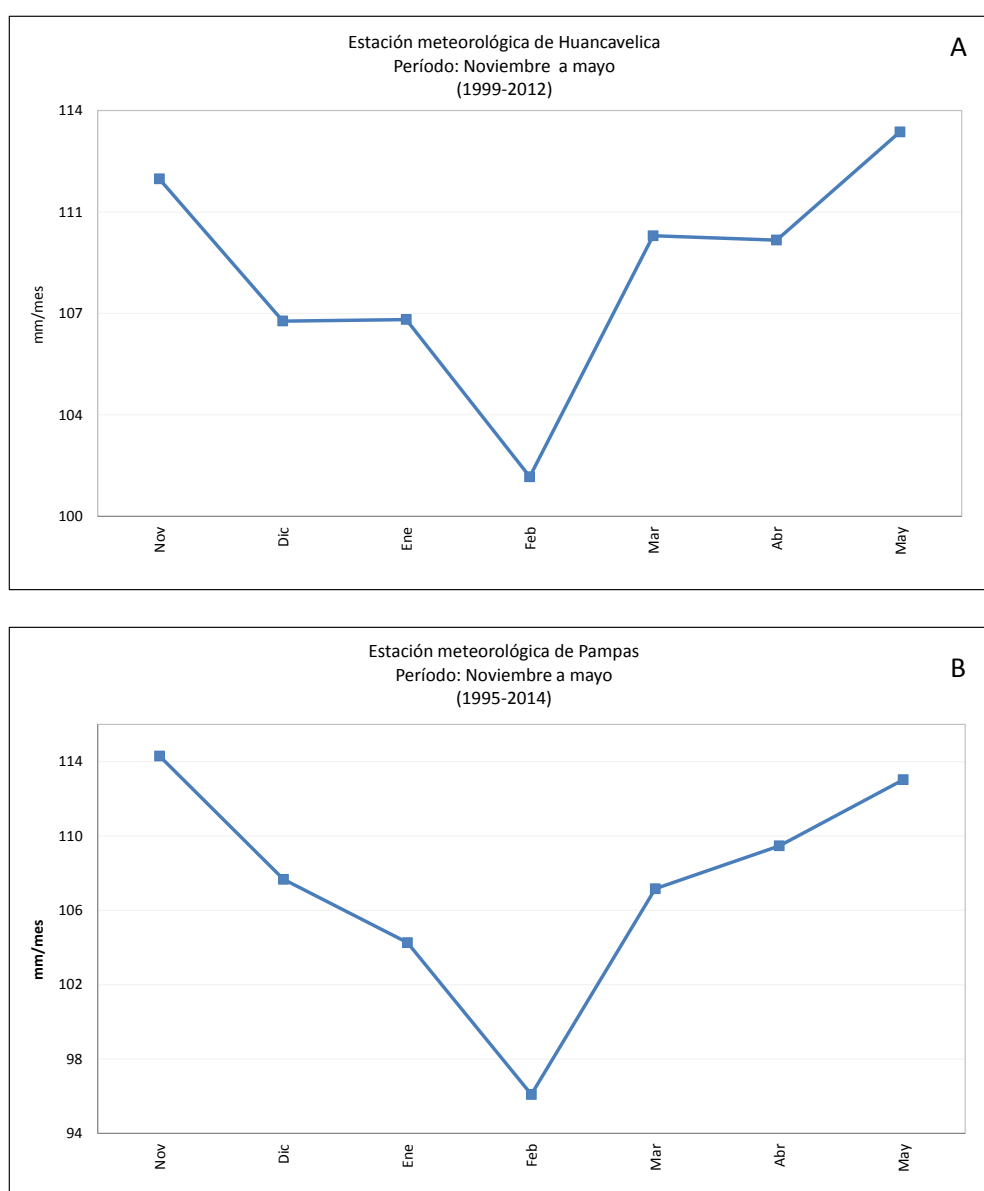
La evapotranspiración referencial (ETo) expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específica, y depende de los parámetros climáticos (FAO, 2006b).

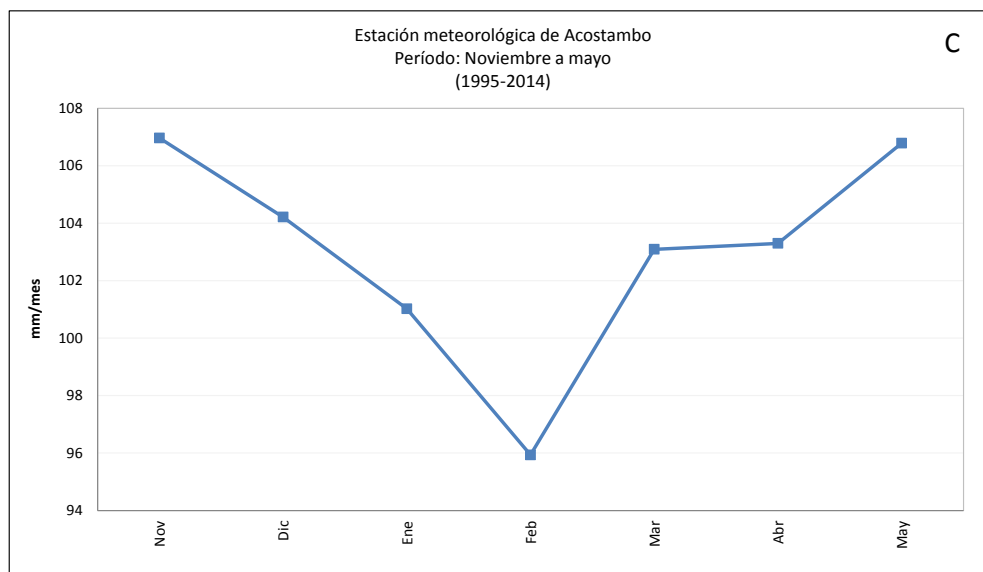
6.5.1 Distribución temporal

Las Figuras 30a al 30c muestran el comportamiento temporal promedio de la evapotranspiración referencial en las estaciones de Huancavelica, Pampas y Acostambo respectivamente para el período de estudio (noviembre a mayo).

Podemos observar que las estaciones aledañas al área de estudio tienen un comportamiento similar en su distribución; además en la segunda y tercera década de febrero se observa una disminución, esto debido al incremento de la humedad y la cobertura nubosa en la estación lluviosa de la zona que redujo el poder evaporante del sistema suelo-atmósfera.

Figura 30. Comportamiento decadiario promedio de la evapotranspiración referencial en estaciones aledañas al área de estudio



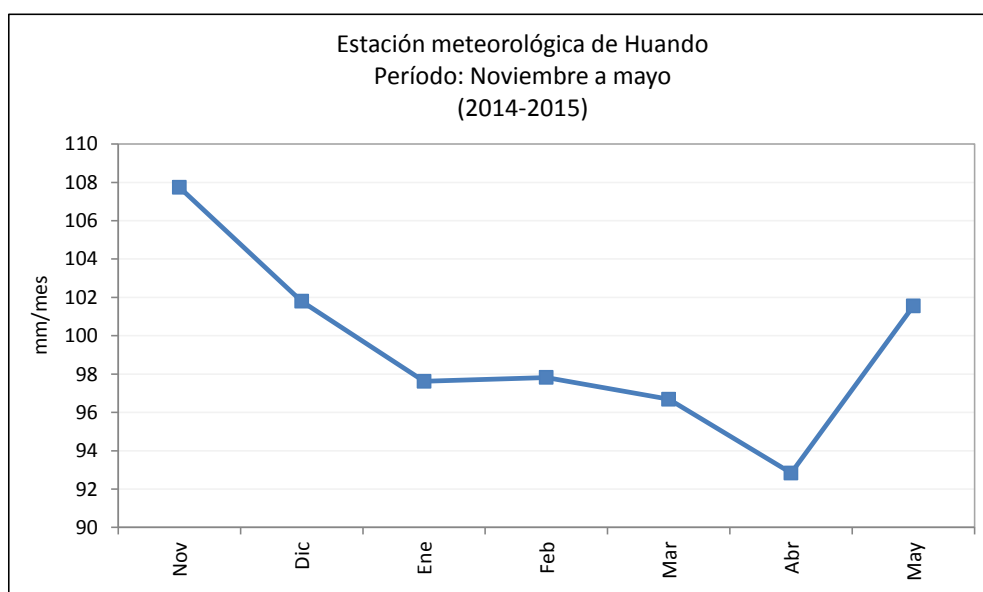


Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

En el Distrito de Huando por lo general los valores más bajos de ETo se presentan hacia finales de verano (enero y febrero), debido a la mayor cobertura nubosa y elevada humedad atmosférica. Entre los meses de setiembre y noviembre (temporada de primavera en promedio) se experimentan los valores más altos de evapotranspiración referencial (Figura 31).

Figura 31. Comportamiento decadiario promedio de la evapotranspiración referencial en la estación ubicada dentro del área de estudio



6.5.2 Distribución espacial

6.5.2.1 A nivel estacional

Los Mapas 24 al 27 muestran la distribución espacial de la evapotranspiración referencial acumulada (ET_o), en el Distrito de Huando, durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

Durante el verano, los valores más altos de evapotranspiración se experimentan al noreste del distrito (Microcuenca de Tambohuayoc, Huichongahuayjo y Quesesera) donde los valores oscilan entre 300 mm y 350 mm (Mapa 24). Por otro lado en otoño, los valores de evapotranspiración disminuyen a valores de 225 mm a 250 mm al suroeste en la puna húmeda y de 250 mm a 300 mm en la intercuenca y microcuencas del noreste (Mapa 25).

Hacia el invierno (Mapa 26), la evapotranspiración desciende a valores que oscilan de 250 mm a 300 mm en las microcuencas del norte, debido al descenso térmico que condiciona poca transpiración de los cultivos así como las bajas tasas de evaporación de las fuentes hídricas y suelo.

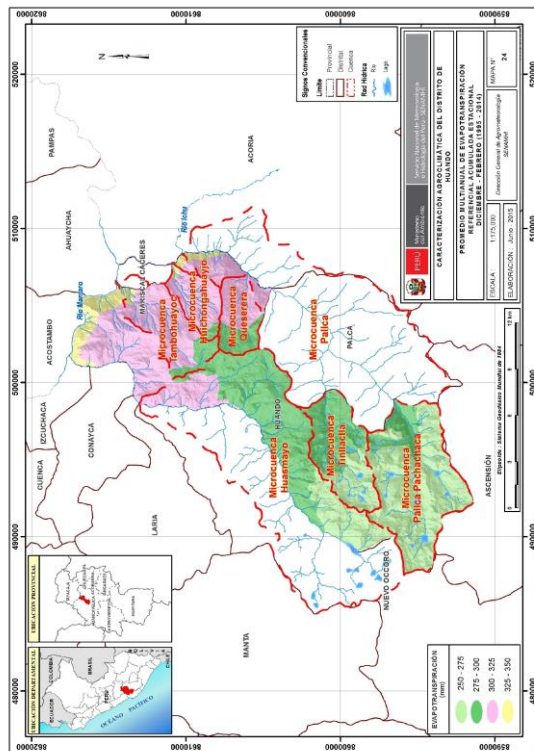
Los mayores valores de evapotranspiración (275 mm a 350 mm) se producen durante la primavera (Mapa 27) debido a la poca cobertura nubosa, vientos zonales indefinidos y características térmicas templadas, que favorecen el cambio de estado. Asimismo, la distribución espacial de la evapotranspiración en estos meses sigue la tendencia de disminución hacia el extremo suroccidente y parte más alta del distrito.

6.5.2.2 A nivel del período agrícola

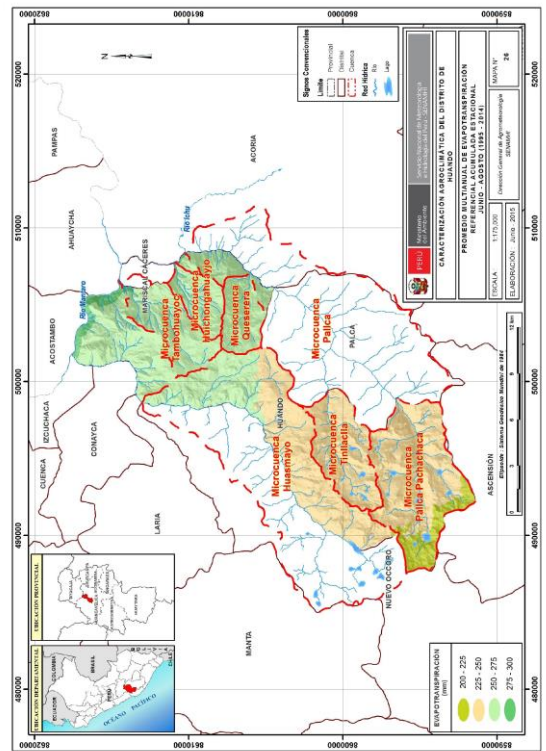
El Mapa 28 muestra la distribución espacial promedio de la evapotranspiración referencial acumulada, en el área de estudio, durante el período agrícola 2014-15.

De noviembre a mayo se presenta menor evapotranspiración referencial en el extremo suroeste de la Microcuenca de Pallca-Pachachaca (574 mm a 600 mm). La mayor parte del territorio de Huando conformado por las Microcuencas de Pallca-Pachachaca, Tinllacla y Huasmayo registra valores de evapotranspiración acumulada en el rango de 600 mm a 700 mm limitado por la cobertura nubosa propia de los meses de verano y la época de transición. Mientras que el extremo noreste presenta ligeramente mayores valores de evapotranspiración referencial en el rango de 700 mm a 762 mm.

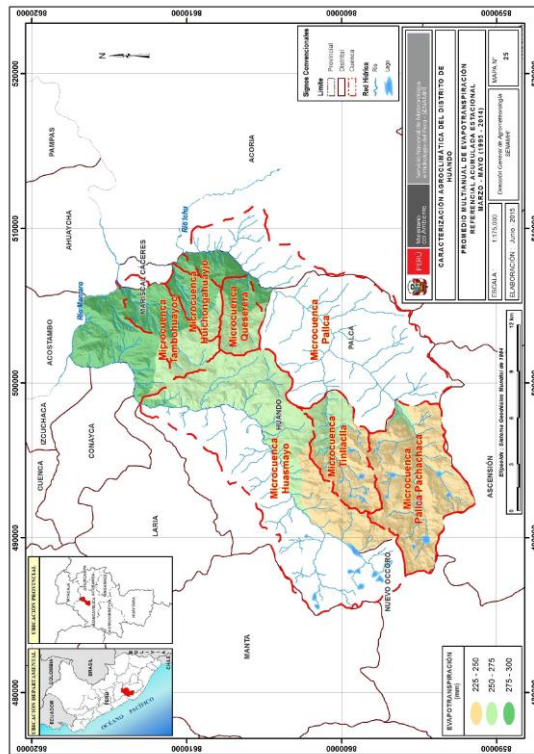
Mapa 24. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial durante la estación de verano



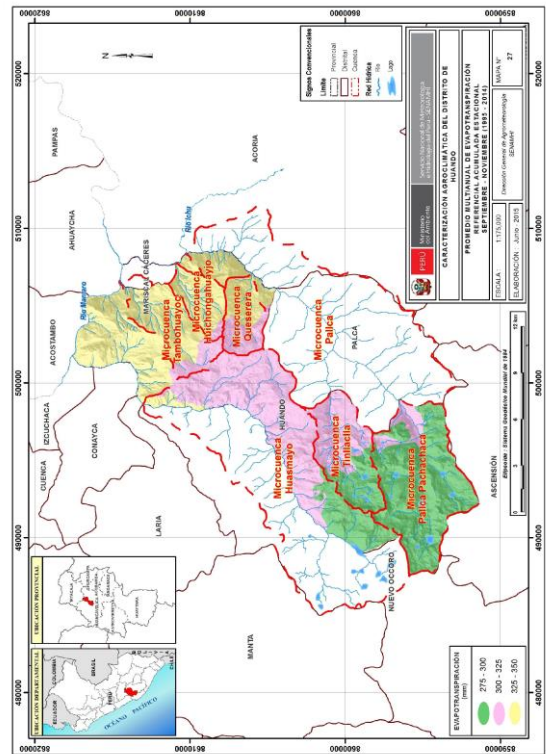
Mapa 26. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial durante la estación de invierno



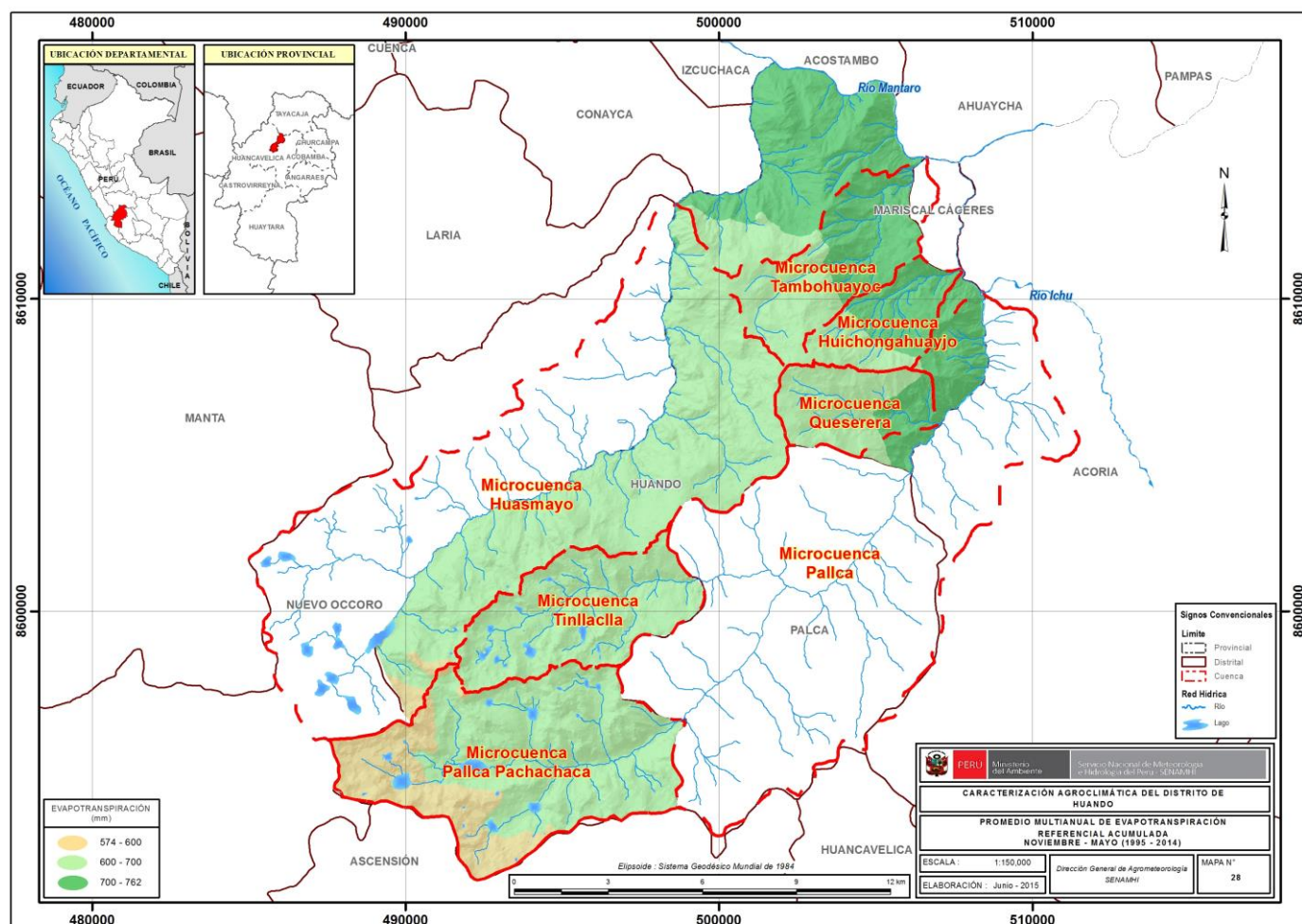
Mapa 25. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial durante la estación de otoño



Mapa 27. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial durante la estación de primavera



Mapa 28. Distribución espacial de la evapotranspiración referencial durante el período agrícola de los cultivos priorizados



Fuente: Elaboración SENAMHI

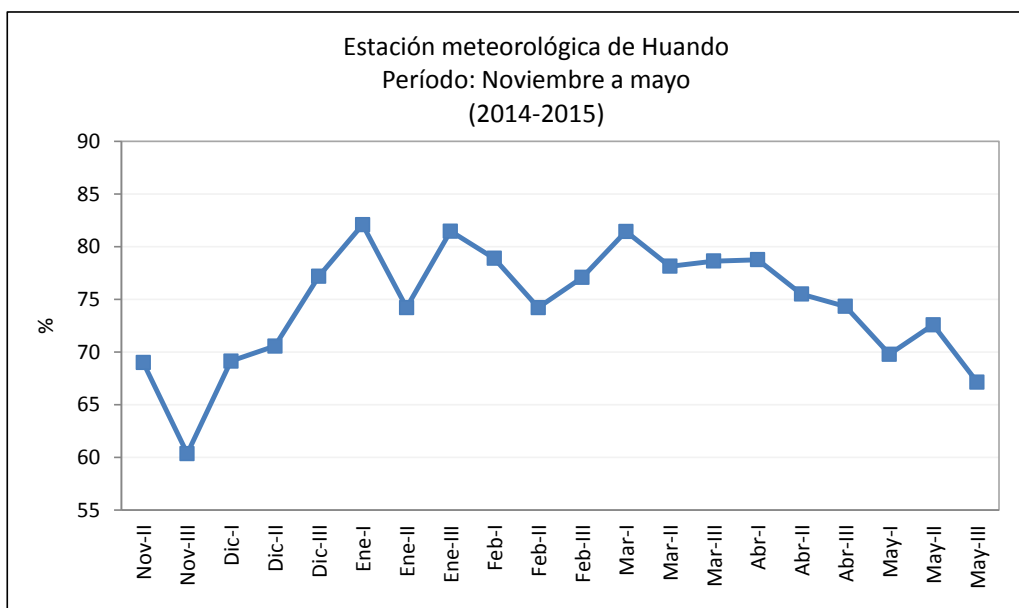
6.6 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa (HR) se refiere a la relación entre la cantidad de vapor de agua que posee el aire y la máxima cantidad que puede retener el aire a esa temperatura. La humedad del aire afecta directamente la demanda de agua por las plantas y por ende las necesidades de riego, nutrición mineral, polinización de las flores, incidencia de enfermedades, entre otros.

6.6.1 Distribución temporal

Durante la campaña 2014-15, la HR en Huando, osciló entre 45% y 82%. De enero a marzo, cuando las precipitaciones son intensas y la temperatura media del aire incrementa, los valores de humedad relativa oscilaron entre 75% y 80% (Figura 32).

Figura 32. Comportamiento decadiario promedio de la humedad relativa en la estación ubicada dentro del área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.6.2 Distribución espacial

6.6.2.1 A nivel estacional

Los Mapas 29 al 32 presentan la distribución espacial de la humedad relativa, en el Distrito de Huando, durante el verano, otoño, invierno y primavera.

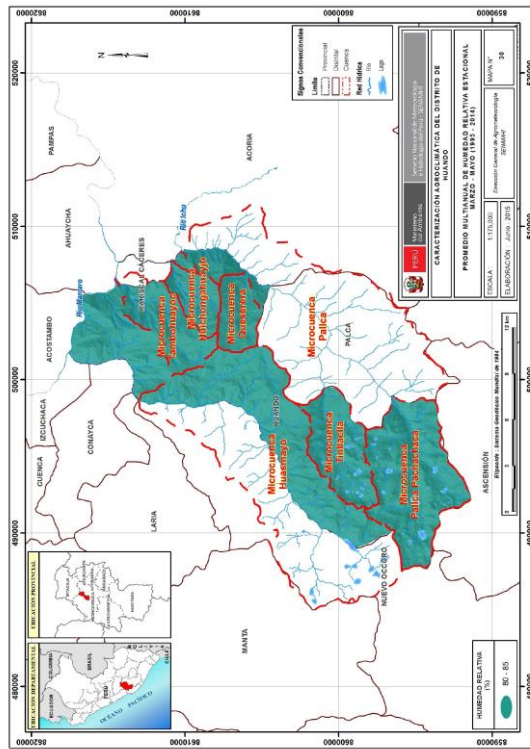
Durante las estaciones de verano y otoño (Mapa 29 y 30 respectivamente) toda el área de estudio presenta valores similares de humedad relativa, en torno a 80% y 85%.

En invierno y primavera (Mapa 31 y 32) con la consecuente disminución de precipitación y temperatura, el territorio muestra condiciones húmedas similares para cada estación, el extremo noreste con valores de 80% a 85%, los valles interandinos (Microcuencas de Tambohuayoc, Huichongahuayjo, Quesesera y Huasmayo) con valores de 75% a 80% y el sur con valores menores a 75%.

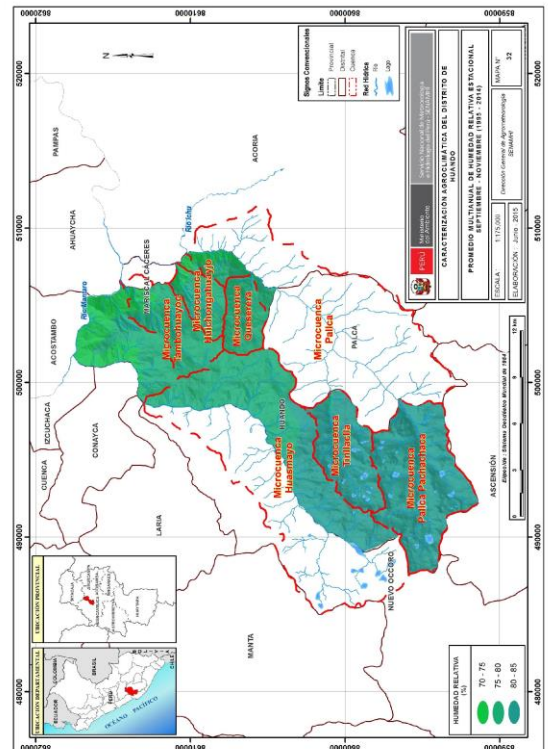
6.6.2.2 A nivel de período agrícola

Dentro del período agrícola (de noviembre a mayo), el área de estudio presenta condiciones similares de humedad relativa en toda la extensión del distrito (80% a 85%); sin embargo, habría que mencionar que el contenido de vapor de agua en zonas altas respecto a zonas bajas es menor debido a que existe disminución de la humedad atmosférica con la altura (Mapa 33).

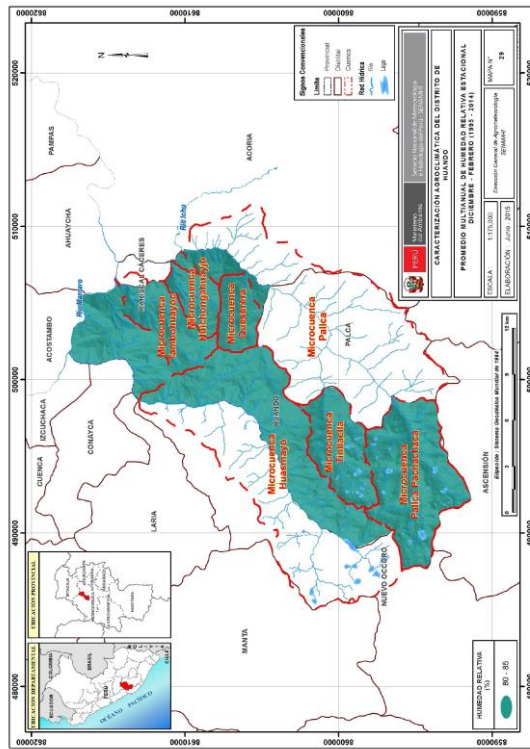
Mapa 30. Distribución espacial de la humedad relativa durante la estación de otoño



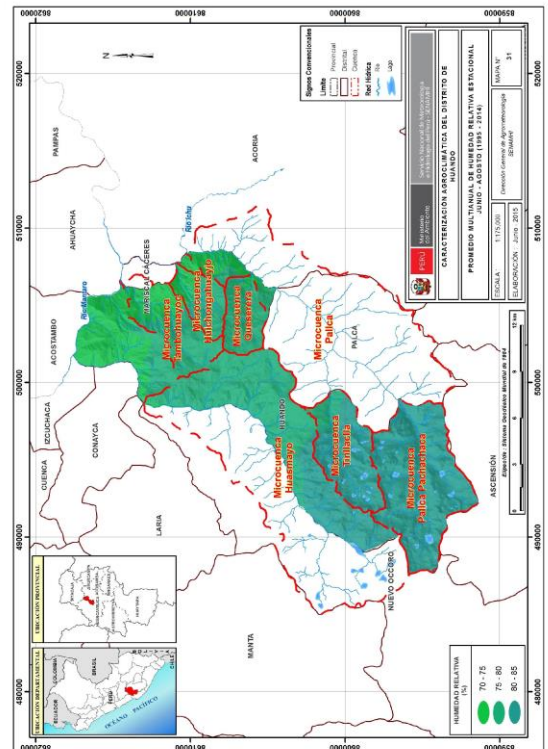
Mapa 32. Distribución espacial de la humedad relativa durante la estación de primavera



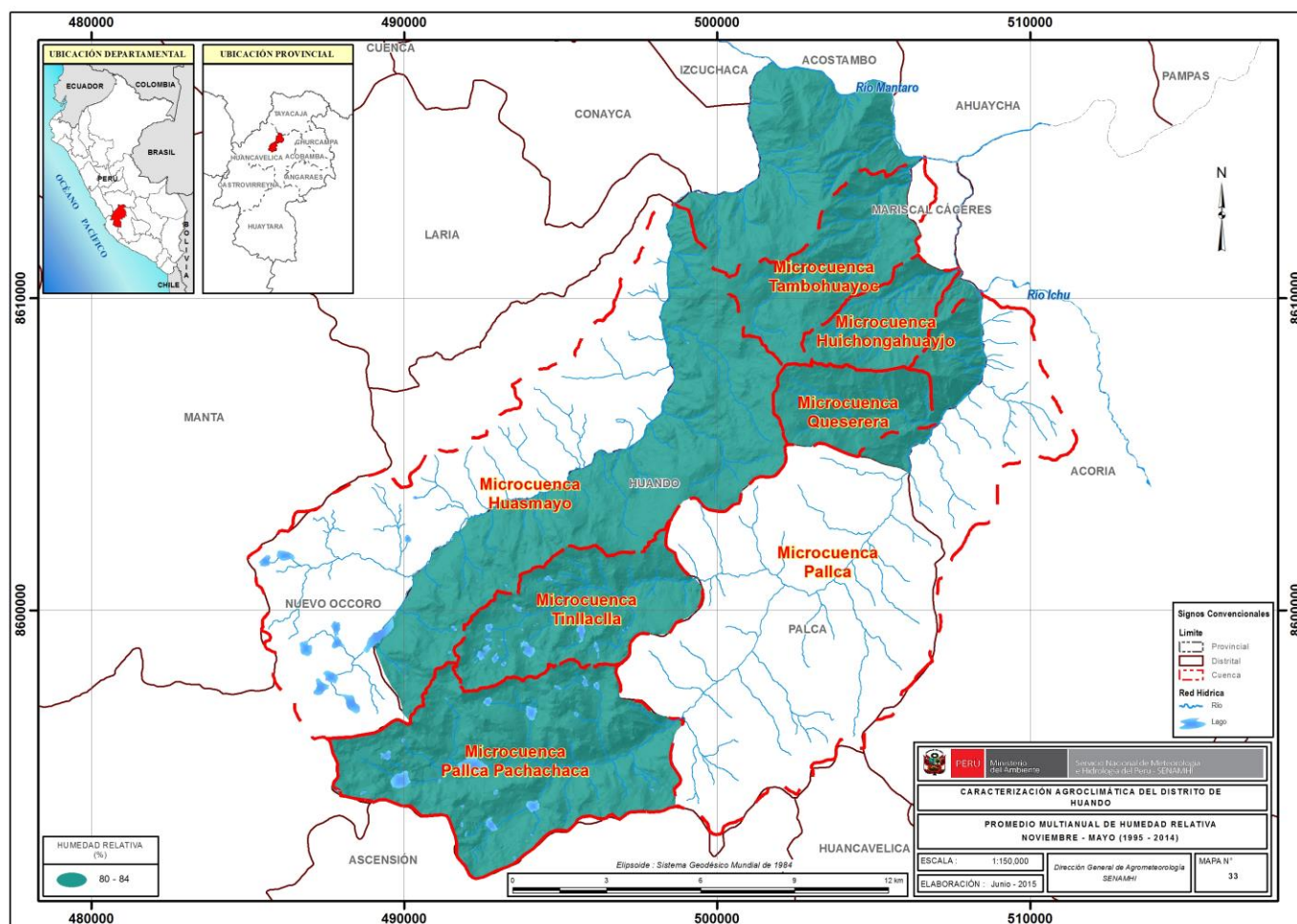
Mapa 29. Distribución espacial de la humedad relativa durante la estación de verano



Mapa 31. Distribución espacial de la humedad relativa durante la estación de invierno



Mapa 33. Distribución espacial de la humedad relativa durante el período agrícola de los cultivos priorizados



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.7 RADIACIÓN SOLAR

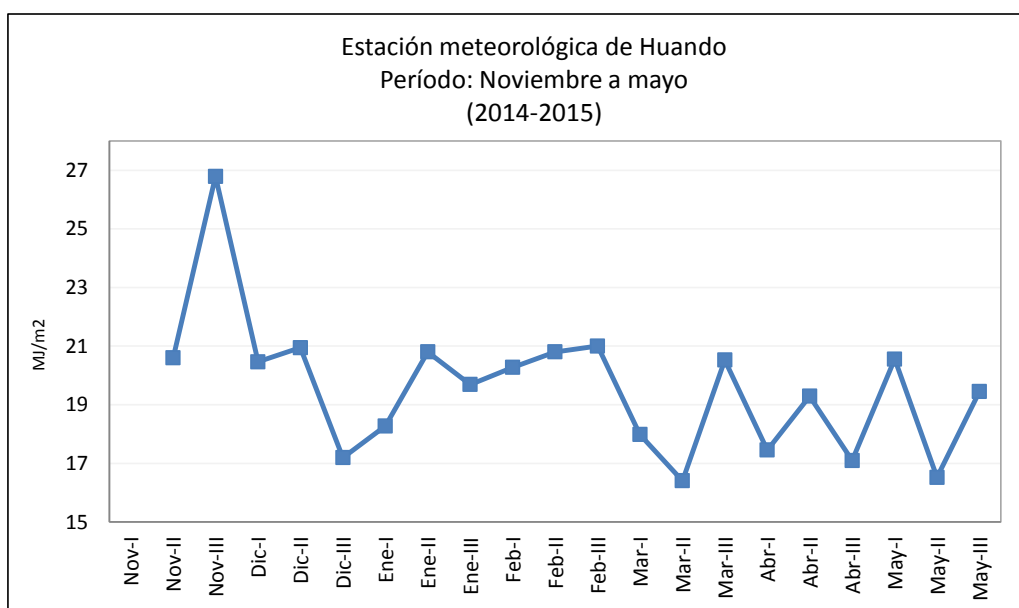
La radiación solar que alcanza la superficie terrestre, es una de las variables más importantes, por ser la fuente de energía utilizada en la gran mayoría de los procesos en nuestro planeta (Atlas de energía solar del Perú - SENAMHI). Los distintos flujos de radiación, hacia y desde la superficie de la tierra, permiten inferir el balance de calor de la tierra en su totalidad, y de cualquier lugar particular sobre el globo, es por ello que el conocimiento de la radiación solar es de gran valor para la ciencia, la agricultura y otras actividades del ser humano.

En la Figura 37 se observa que para la estación de Huando la radiación solar incidente para el período agrícola estuvo en el rango de 16 MJ/m² a 27 MJ/m², además se observa que en la temporada de lluvias (verano) la cantidad de radiación solar disminuye, lo cual es consecuencia de la cobertura nubosa que da a lugar a que los rayos solares

disminuyan su incidencia hacia la superficie de la tierra, empezando a aumentar paulatinamente a partir de la primera década de julio.

Durante los meses (noviembre a diciembre), en los cuales hay una mayor radiación solar, los cultivos priorizados tendrán energía necesaria para desarrollar mejor su proceso fotosintético para elaborar carbohidratos y otros productos orgánicos que serán empleados por la planta como fuente de energía y de carbono.

Figura 33. Comportamiento decadiario promedio de la radiación solar en la estación ubicada dentro del área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI

6.8 VIENTO

Es un factor muy importante para el agricultor, siendo el responsable directo o circunstancial de las características climatológicas de una región. A él van vinculados muchos fenómenos meteorológicos favorables o adversos para la agricultura, e incluso la formación de suelos a causa de los efectos de erosión. (Lorenzo García de Pedraza, 1963).

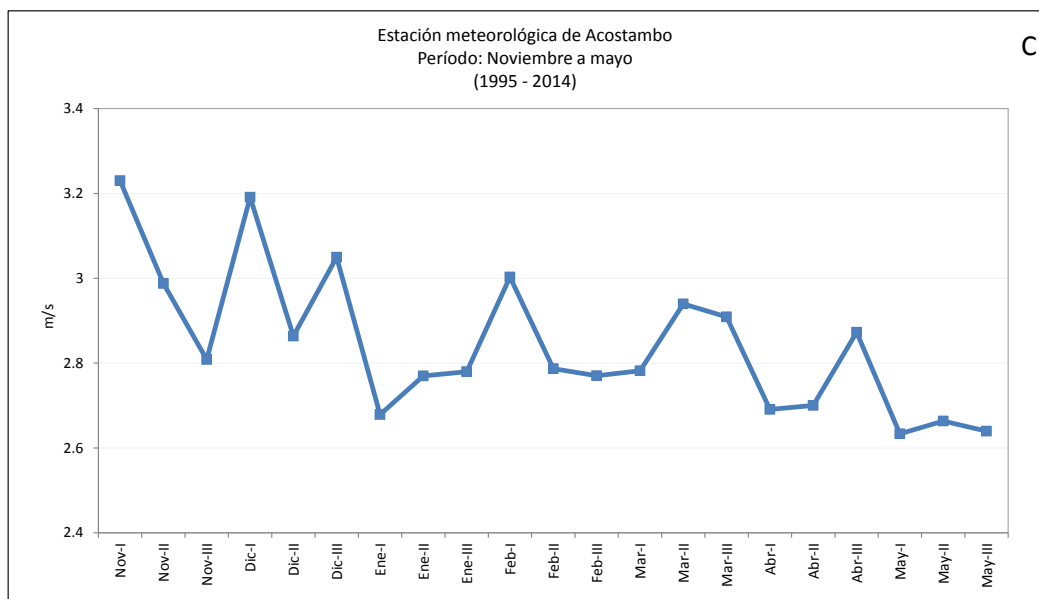
El viento con sus variadas características (seco, húmedo, frío, cálido), influye en el tipo de cultivo de una determinada región pudiendo beneficiarlo mediante una renovación del aire, mejorando la transpiración y ayudando a remover el aire frío que se encuentra junto al suelo, evitando así las heladas nocturnas por irradiación, entre otros.

6.8.1 Distribución temporal

En la Figura 34a observamos que la estación de Huancavelica presenta la mayor intensidad de velocidad del viento con 4,5 m/s a 6,8 m/s, mientras que en Pampas y Acostambo las intensidades varían de 2,7 m/s a 3,4 m/s (Figura 34b y 34c). En éstas dos últimas se aprecia una distribución similar en sus intensidades, la cual se debe a la cercanía de las estaciones; sin embargo la estación de Huancavelica muestra una distribución diferente, el cual resulta de estar ubicado en una quebrada, generando confluencia y consecuente aumento de intensidad de vientos.

Figura 34. Comportamiento decadiario promedio de la velocidad del viento en estaciones aledañas al área de estudio





Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

La Figura 35 muestra el comportamiento promedio decadiario de la velocidad del viento en la estación de Huando. Por lo general los vientos más intensos se presentan en el invierno y parte de la primavera, disminuyendo hacia el verano y otoño.

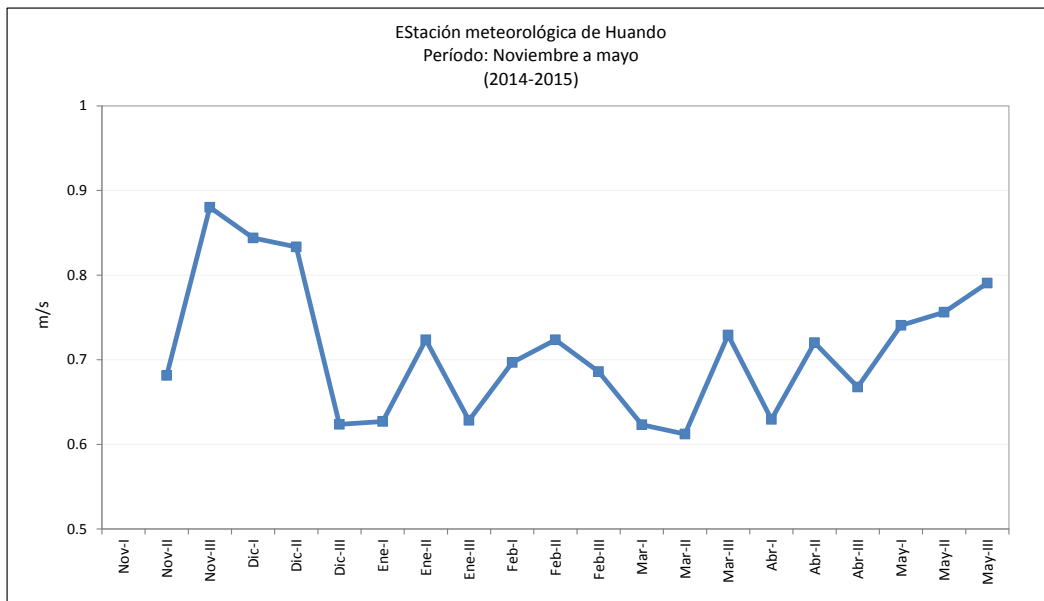
En el período agrícola 2014-15, en la cual se realizó mediciones, la velocidad del viento osciló de 0,3 m/s a 1,3 m/s y en promedio entre 0,6 m/s a 0,9 m/s. Las menores velocidades del viento se registraron en la estación de verano (0,6 m/s a 0,7 m/s) y las mayores en invierno (0,8 m/s a 0,9 m/s), éste último debido al fortalecimiento de flujos provenientes del oeste.

6.8.2 Distribución estacional

En la Figura 36 se presenta la rosa de viento (dirección y velocidad) para la estación de Huando y para el período de referencia donde crecen y se desarrollan la mayor parte de los cultivos priorizados: noviembre a mayo.

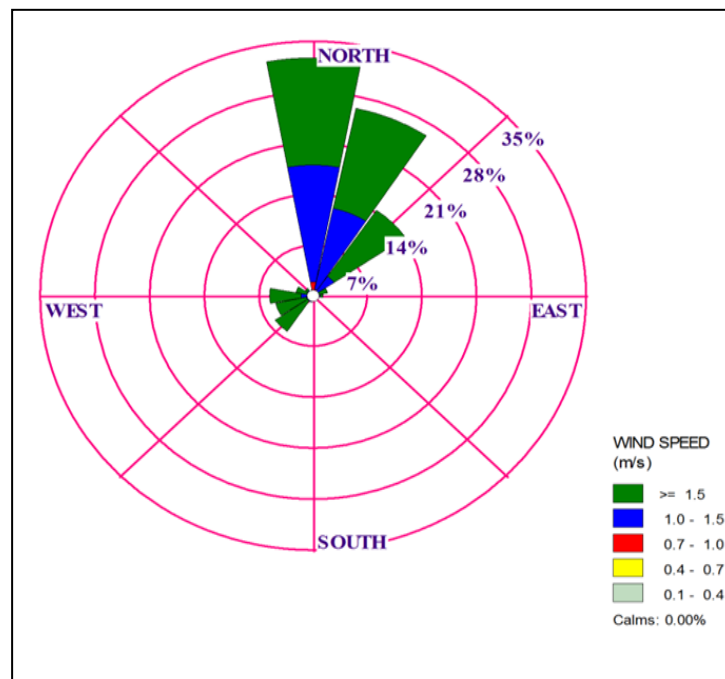
Se puede observar que los vientos predominantemente provienen de la dirección norte y noreste con frecuencias de 32% y 26% respectivamente, en menor frecuencia se presentan vientos de dirección suroeste y oeste. Asimismo el 58% de los vientos son de velocidad ligera (1,5 m/s a 2,5 m/s), un 39% vientos débiles (1 m/s a 1,4 m/s) y un 3% vientos menores a 1 m/s.

Figura 35. Comportamiento decadiario promedio de la velocidad del viento en la estación ubicada dentro del área de estudio



Fuente: Elaboración SENAMHI

Figura 36. Rosa de viento en la estación ubicada dentro del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

6.9 BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA

El balance hídrico agrícola permite mostrar los períodos de almacenamiento de agua, recarga, déficit y exceso, de acuerdo al tipo de cultivo y fase fenológica.

Se analiza las necesidades hídricas de los cultivos de cebada grano, haba grano, maíz amiláceo, papa y trigo para la estación ubicada en la parte baja del distrito priorizado (Huando), así como para las estaciones localizadas alrededor del área de estudio (Acostambo, Huancavelica y Pampas).

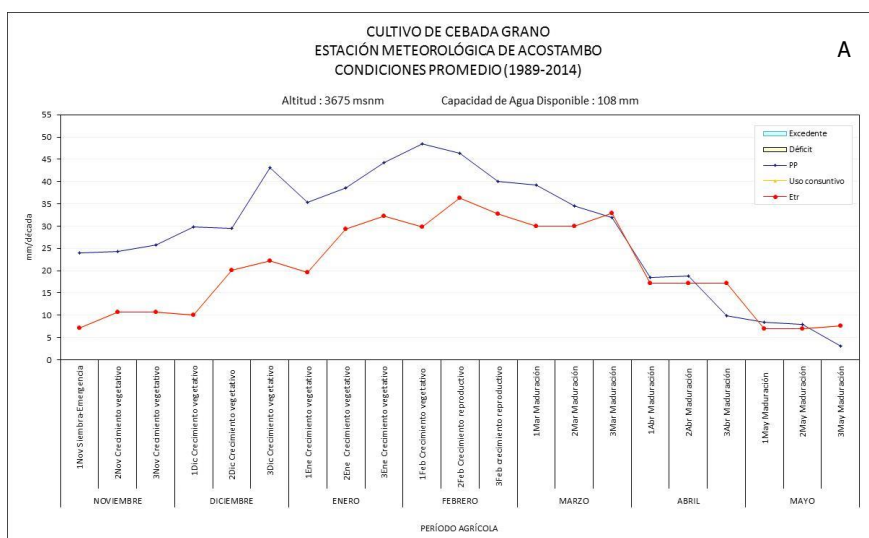
Las condiciones agroclimáticas promedio son variables en las estaciones vecinas: Acostambo (1989-2014), Huancavelica (1999-2014) y Pampas (1995-2014). Para el caso de la estación de Huando, el período de referencia y análisis corresponde a la campaña agrícola 2014-15.

6.9.1 Cebada grano

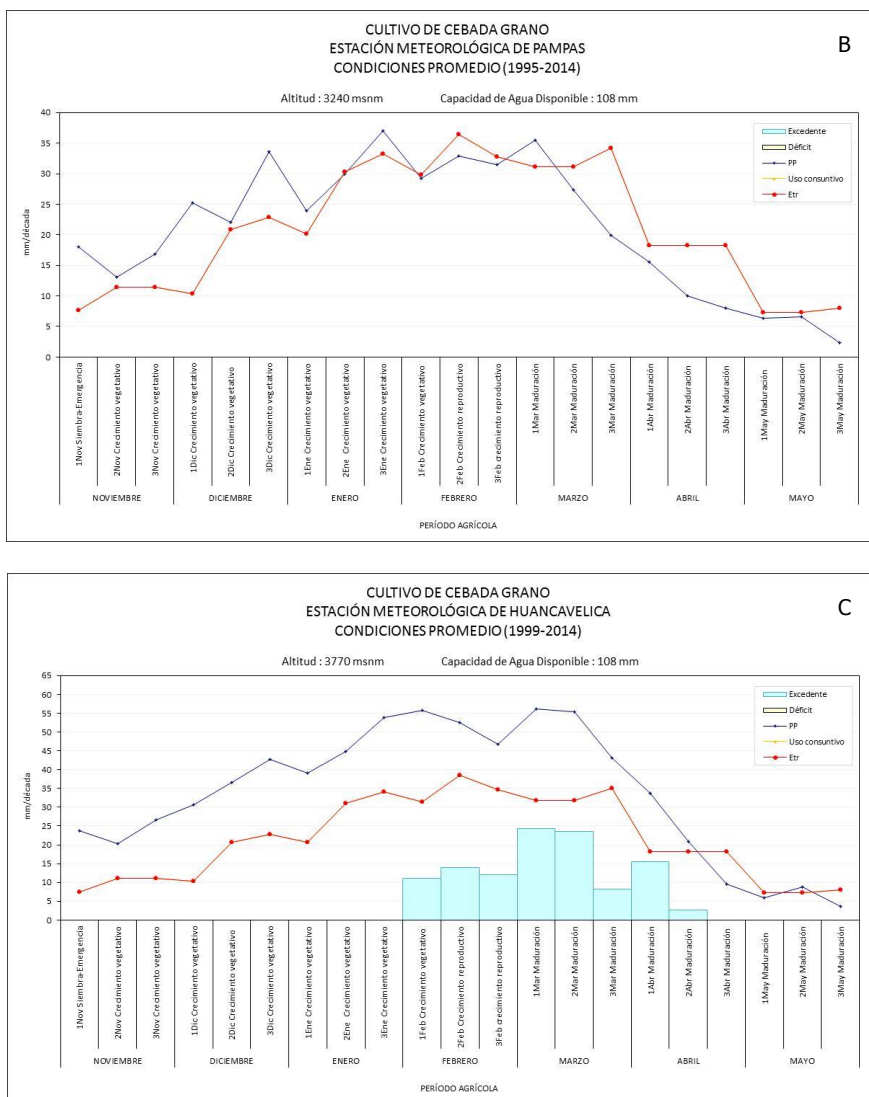
En promedio, las precipitaciones que se registraron en las estaciones de Acostambo y Pampas favorecieron las labores de siembra y el desarrollo de las distintas fases fenológicas de las plantas (Figuras 37a y 37b).

Sin embargo, la estación de Huancavelica presentó excesos de humedad principalmente entre enero y febrero, meses que coinciden con la etapa reproductiva y maduración. Durante estas etapas la polinización y fecundación de las flores pudieron haberse afectado, debido al daño mecánico ocasionado por las gotas de lluvias; asimismo, la maduración también pudo haberse retardado y posiblemente afectado la calidad de los granos (Figura 37c).

Figura 37. Balance hídrico para el cultivo de cebada grano en estaciones aledañas al área de estudio, bajo condiciones promedio



Fuente: Elaboración SENAMHI



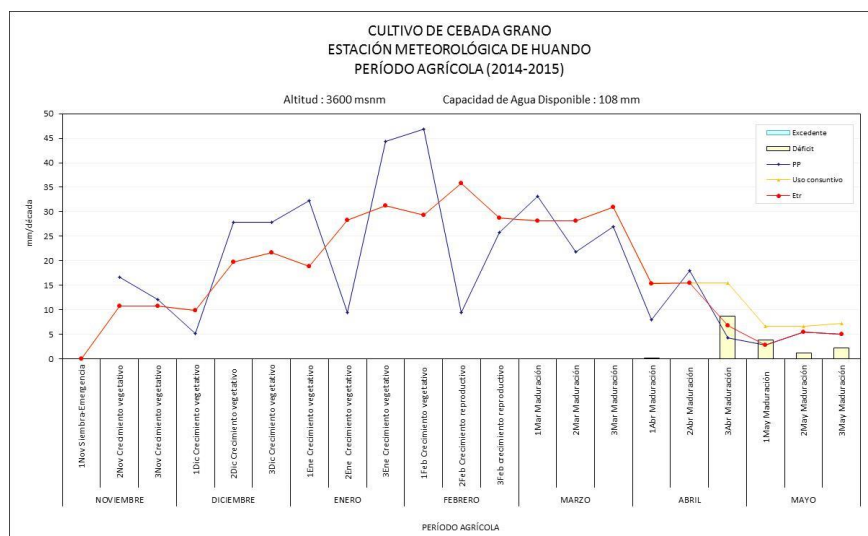
Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

La cantidad de lluvias que registró la estación de Huando, durante el período agrícola 2014-15, favoreció el desarrollo de las etapas fenológicas de las plantas muy a pesar que la evapotranspiración referencial, en algunas décadas, fue ligeramente superior a la cantidad de agua precipitada. Asimismo, el balance hídrico del cultivo muestra déficit de humedad hacia finales del período vegetativo, lo cual pudo haber favorecido el secado de los granos (Figura 38).

Finalmente, la cantidad de precipitación registrada entre noviembre a mayo fue alrededor de 382,8 mm, valor muy próximo al umbral mínimo que requieren las plantas para poder crecer y desarrollarse. Por ello, las dotaciones de riego son indispensables a fin de asegurar un buen rendimiento.

Figura 38. Balance hídrico para el cultivo de cebada grano en la estación ubicada dentro el área de estudio, bajo condiciones promedio



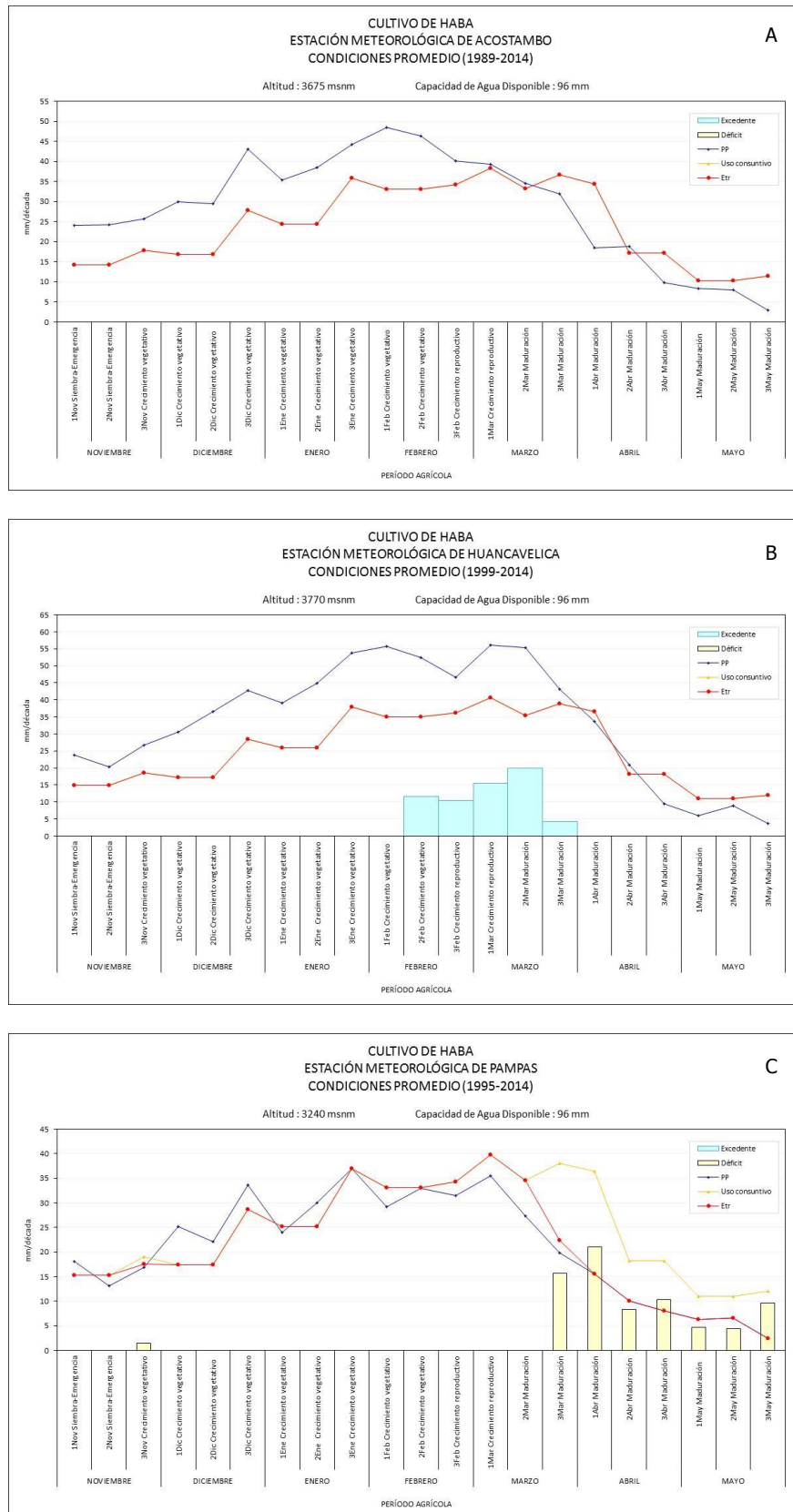
Fuente: Elaboración SENAMHI

6.9.2 Haba

Bajo condiciones climáticas promedio, las precipitaciones registradas en la estación de Acostambo satisface la demanda hídrica del cultivo priorizado (Figura 39a). Caso contrario ocurre en la estación de Huancavelica donde se observa excesos de humedad, entre la segunda década de febrero y la tercera década de marzo, que podrían haber afectado la etapa reproductiva de las plantas, debido al daño mecánico ocasionado por las gotas de lluvias (Figura 39b).

En la estación de Pampas, las lluvias fueron insuficientes entre la tercera década de marzo y tercera década de abril. Esto podría haber perjudicado el llenado y maduración de los granos especialmente cuando se destina el producto en estado fresco, caso contrario ocurre cuando el haba se comercializa en estado seco, debido a que el déficit de humedad en el mes de mayo podría haber favorecido el secado de los granos y las vainas (Figura 39c).

Figura 39. Balance hídrico para el cultivo de haba en estaciones aledañas al área de estudio, bajo condiciones promedio



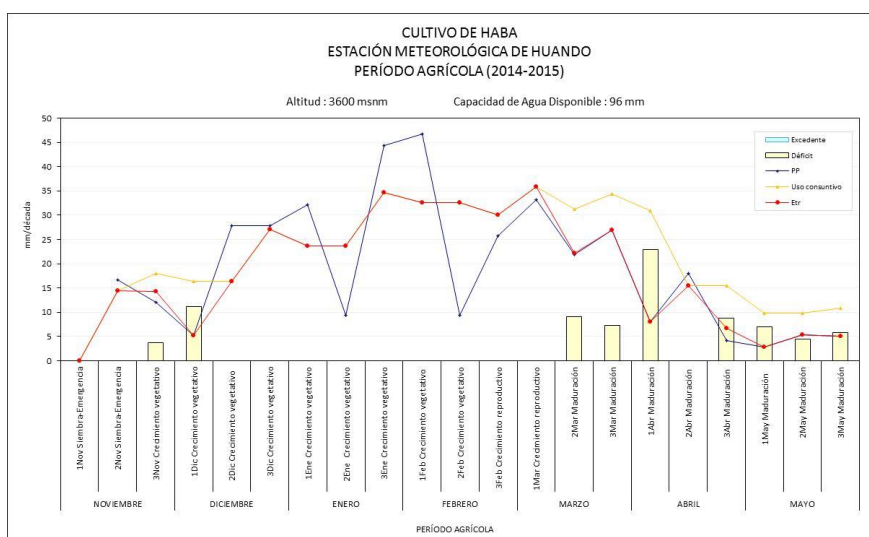
Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

Las precipitaciones registradas en la estación del Distrito de Huando podrían haber impactado el rendimiento del haba porque ocurrió déficit de humedad en los estadios iniciales del crecimiento vegetativo y durante toda la etapa de maduración de los granos (Figura 40).

Al respecto se debe mencionar que el haba se considera la leguminosa más sensible a la falta de agua, específicamente durante la floración y llenado de grano. Al respecto, Ridao et al (1996), citado por Ruiz (2003), señalan que el déficit hídrico en habas produce una variación en el ángulo foliar, provocando un cambio en la radiación fotosintéticamente activa interceptada; asimismo, con estrés hídrico se adelanta la senescencia porque las raíces de las plantas sufren cambios adaptativos, incrementándose así los abortos florales y disminuyendo la fijación simbiótica de nitrógeno.

Figura 40. Balance hídrico para el cultivo de haba en la estación ubicada dentro del área de estudio, bajo condiciones promedio

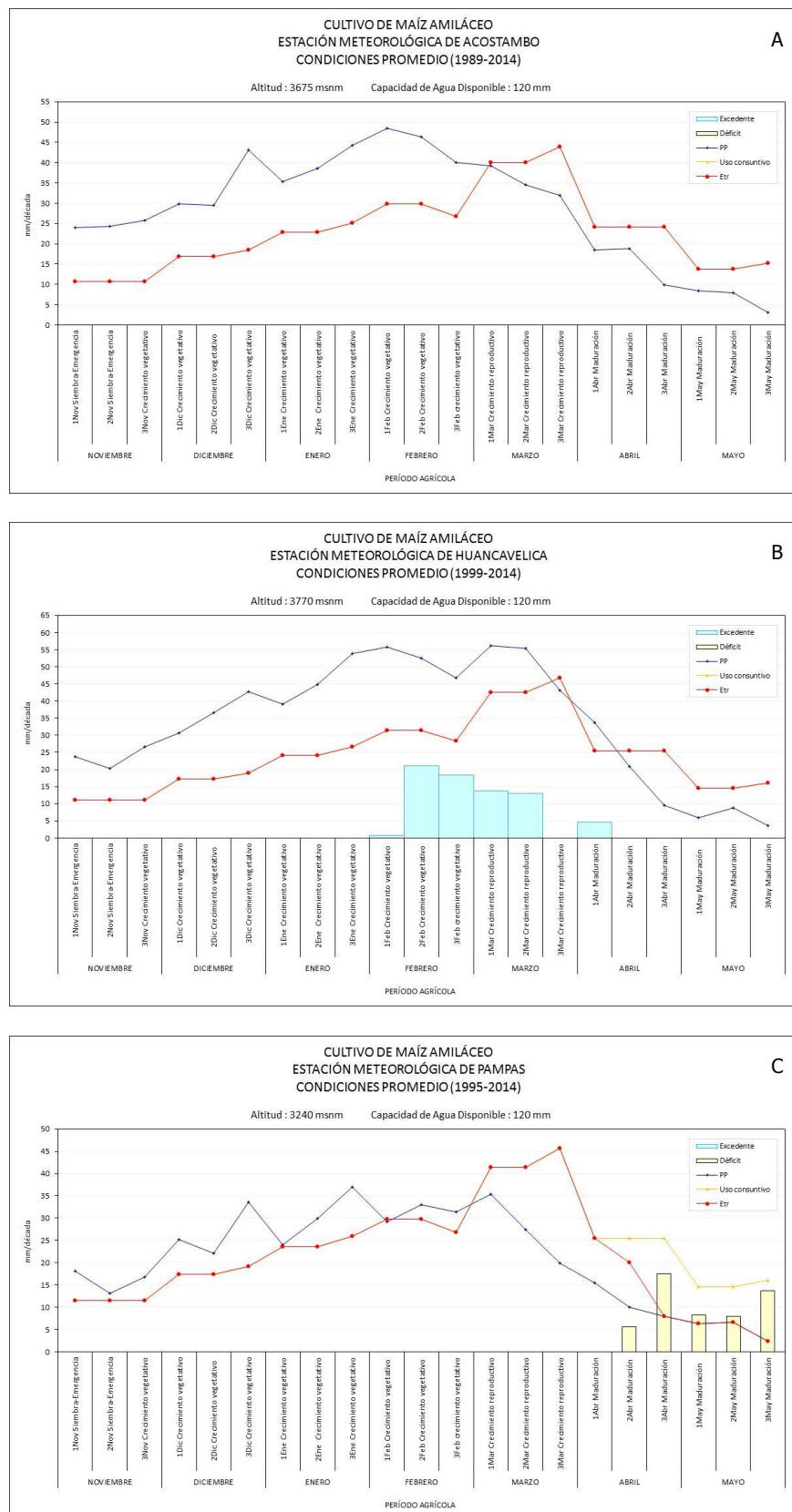


Fuente: Elaboración SENAMHI

6.9.3 Maíz amiláceo

En promedio, las precipitaciones que se registran en la estación de Acostambo permiten satisfacer las necesidades hídricas del cultivo durante el crecimiento vegetativo, reproductivo y maduración (Figura 41a). En la estación de Huancavelica, los excesos de humedad entre la segunda década de febrero y primera década de abril podrían haber retrasado el panojamiento y espigamiento de las plantas (Figura 41b). Finalmente, el déficit de humedad a partir de la segunda década de abril hacia finales del periodo vegetativo del cultivo podría haber favorecido el secado de los granos porque estos se encuentran en maduración córnea (Figura 41c).

Figura 41. Balance hídrico para el cultivo de maíz amiláceo en estaciones aledañas al área de estudio, bajo condiciones promedio

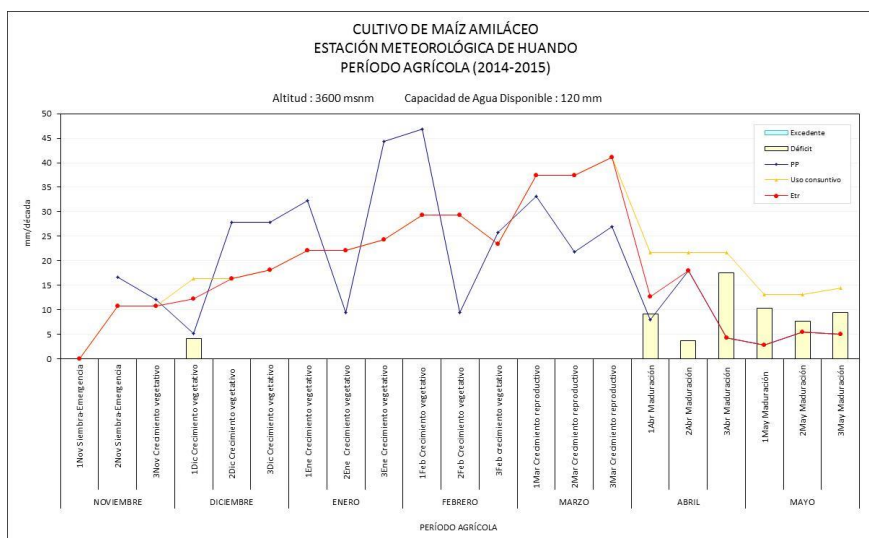


Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

En la campaña agrícola 2014-15, la cantidad de precipitación registrada en la estación de Huando favoreció las labores de siembra y las fases fenológicas de germinación, emergencia de plántulas, desarrollo de hojas, panojamiento, espigamiento y maduración (lechosa y pastosa) muy a pesar que se aprecia ausencia de lluvias entre los meses de abril y mayo, que solo podrían haber favorecido el secado de los granos y mazorca del maíz amiláceo (Figura 42).

Figura 42. Balance hídrico para el cultivo de maíz amiláceo la estación ubicada dentro del área de estudio, bajo condiciones promedio



Fuente: Elaboración SENAMHI

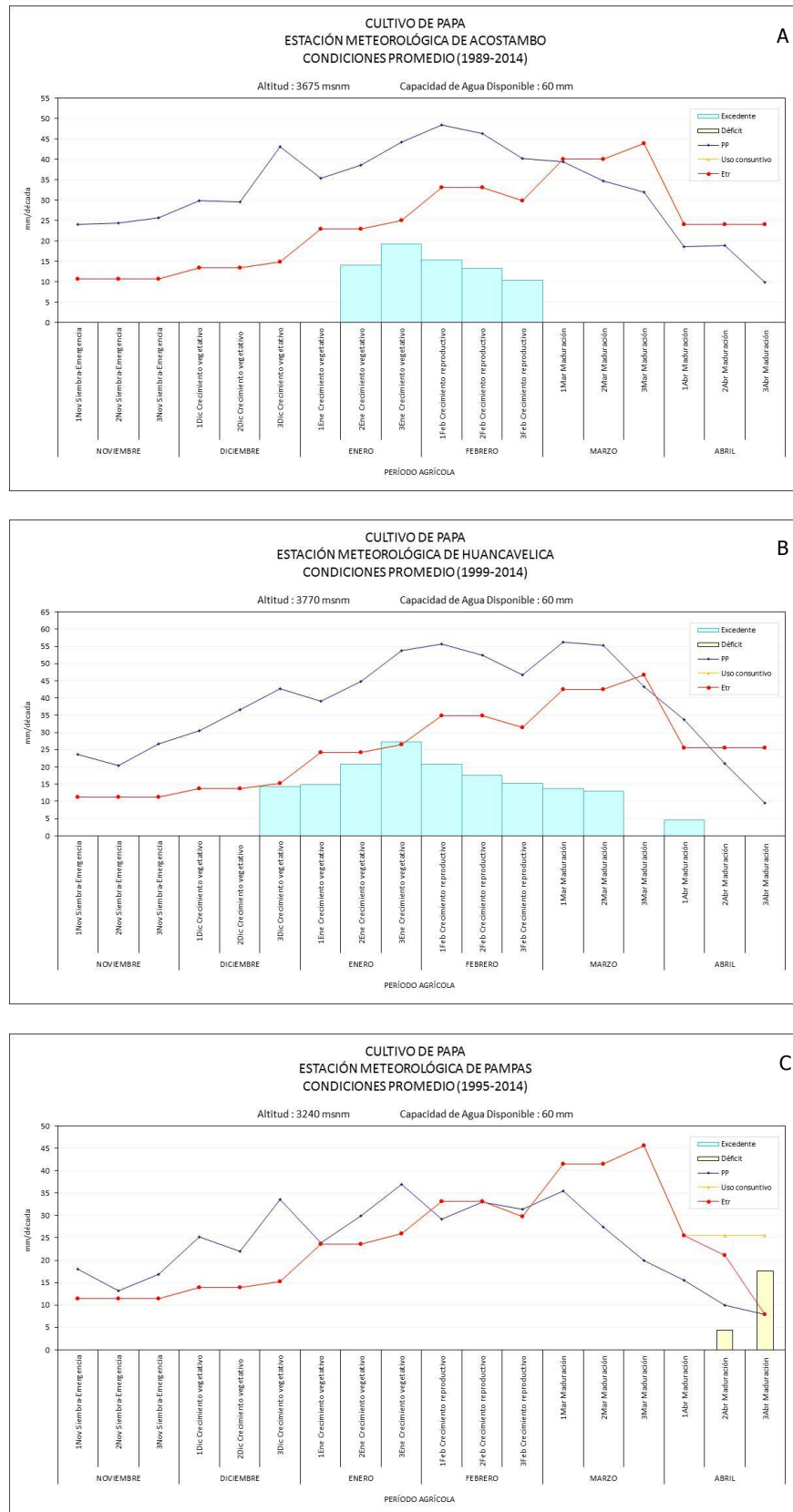
6.9.4 Papa

El cultivo de papa para desarrollar sus distintas fases fenológicas, procesos metabólicos y fisiológicos requiere de condiciones ideales de humedad.

El balance hídrico para el cultivo de papa, en las estaciones de Acostambo y Pampas, muestra que en promedio las lluvias durante todo el periodo agrícola son suficientes y hasta excesivas para satisfacer las necesidades hídricas durante todas sus fases fenológicas. Estos excesos ocurren entre las tercera década de diciembre y la primera década de marzo, período donde el cultivo está en su fase de tuberización y llenado de tubérculos (Figuras 43a y 43b).

En la estación de Pampas, las lluvias fueron suficientes para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plantas, durante la campaña agrícola, muy a pesar del ligero déficit de humedad hacia finales del mes de abril (Figura 43c).

Figura 43. Balance hídrico para el cultivo de papa en estaciones aledañas al área de estudio, bajo condiciones promedio

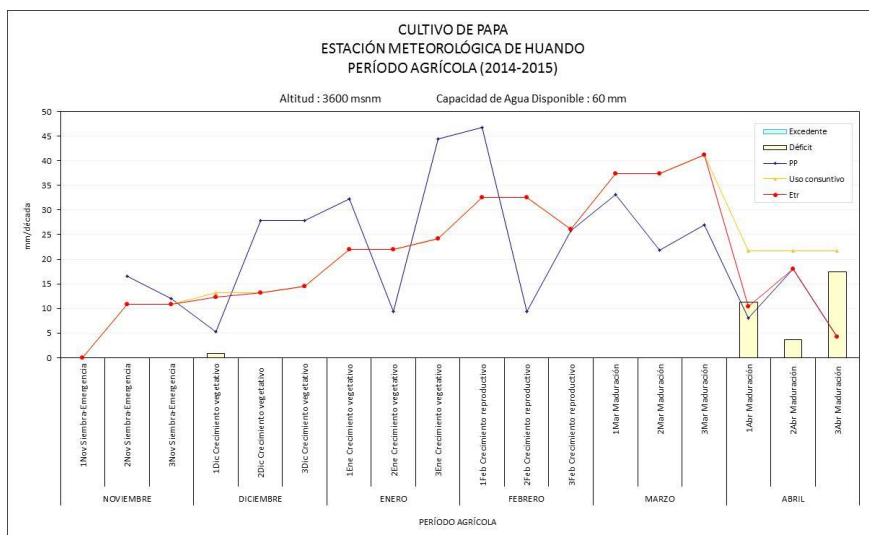


Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

En general, la cantidad de precipitación promedio que se registró en la campaña agrícola 2014-15 fue suficiente para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo para sus diferentes fases fenológicas (Figura 44).

Figura 44. Balance hídrico para el cultivo de papa en la estación ubicada dentro del área de estudio, bajo condiciones promedio



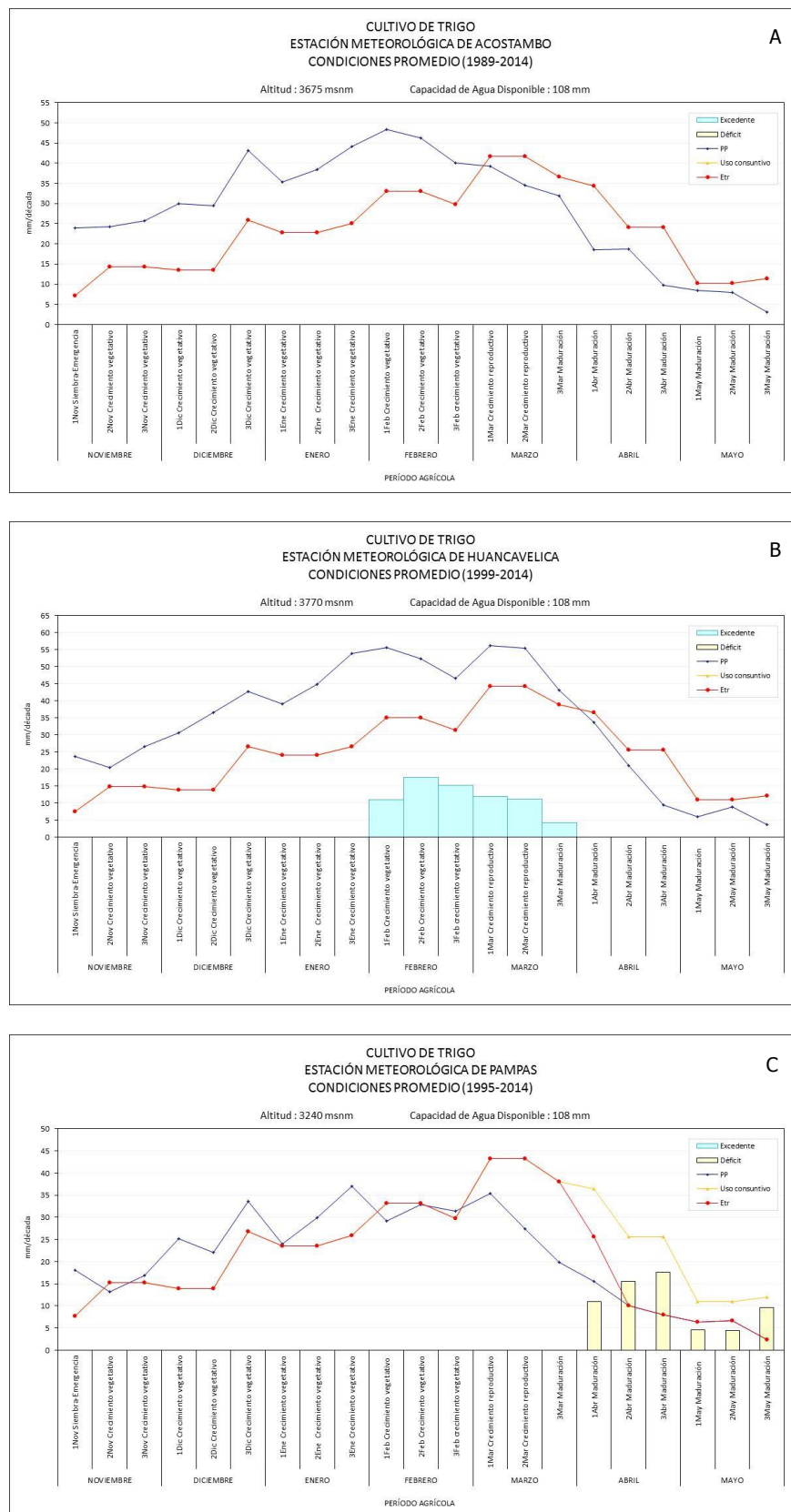
Fuente: Elaboración SENAMHI

6.9.5 Trigo

Para la estación de Acostambo, bajo condiciones climáticas promedio, la precipitación satisface la demanda hídrica del cultivo para sus diferentes fases fenológicas. En la estación de Huancavelica si bien las lluvias satisfacen el crecimiento y desarrollo de las plantas, los ligeros excesos de humedad en enero y marzo podrían haber retrasado las fases de encañado, espigado, floración y llenado inicial de los granos (Figuras 45a y 45b).

El estrés hídrico ocurrido hacia mediados de la campaña agrícola (mes de abril) fue recurrente y podría haber perjudicado la maduración lechosa y pastosa de los granos de trigo, debido a que podría haberse retrasado la movilización de fotosintatos hacia los granos (Figura 45c).

Figura 45. Balance hídrico para el cultivo de trigo en estaciones aledañas al área de estudio, bajo condiciones promedio

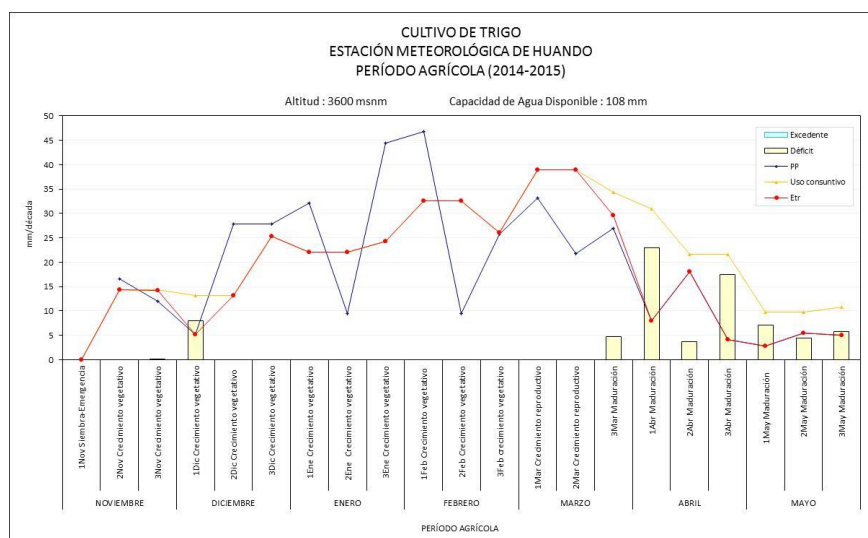


Fuente: Elaboración SENAMHI

Estación Huando

La distribución de lluvias en la estación de Huando muestra episodios de deficiencia de agua, principalmente en la primera década de diciembre y a partir de la tercera década de marzo hacia finales de la campaña agrícola. Posiblemente esta carencia de agua podría haber retrasado el crecimiento de hojas y la maduración de los granos de trigo, especialmente en el estado lechoso (Figura 46).

Figura 46. Balance hídrico para el cultivo de trigo en la estación ubicada dentro del área de estudio, bajo condiciones promedio



Fuente: Elaboración SENAMHI

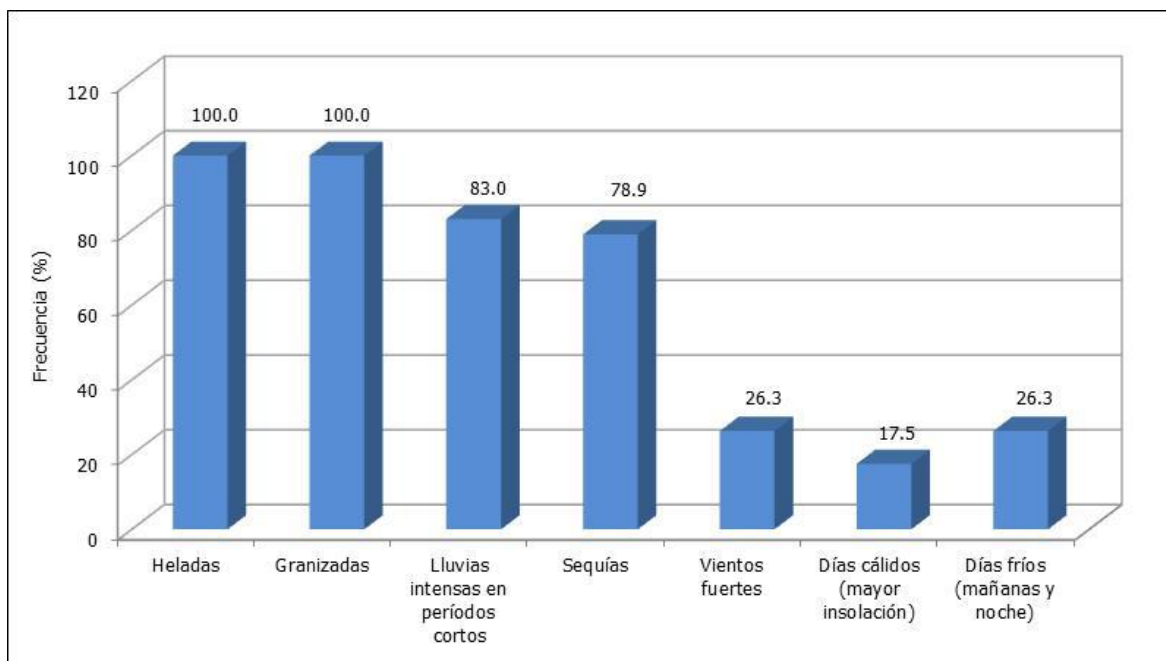
VII. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA E IMPACTO EN LOS CULTIVOS

En el Distrito de Huando, los pobladores locales perciben que el clima ha cambiado en los últimos 10 años. Todos los entrevistados manifiestan la ocurrencia de eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes que ocasionan daños no solo a los cultivos, sino también a la actividad pecuaria, comercio, entre otros.

7.1 PERCEPCIONES DE LA OCURRENCIA DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

Los pobladores locales manifiestan que las heladas (100%), granizadas (100%), lluvias intensas en períodos cortos (83%) y sequías (78,9%) son los eventos climáticos adversos que con mayor frecuencia ocurren en el área de estudio. En menor frecuencia, los entrevistados manifiestan los vientos fuertes (26,3%), días cálidos (17,5%) y días fríos (26,3%) (Figura 47).

Figura 47. Percepción local sobre la frecuencia de los eventos extremos en el Distrito de Huando



Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

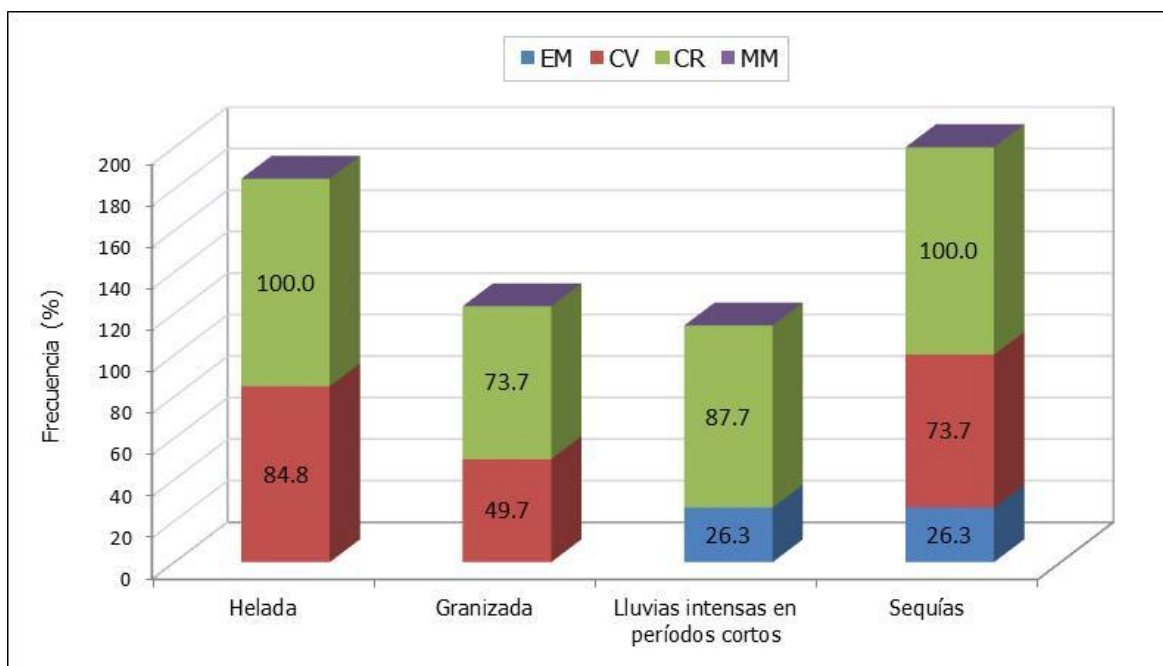
7.2 PERCEPCIONES DEL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LOS CULTIVOS

La percepción de los pobladores locales, es también de que los eventos climáticos extremos se vienen presentando con más frecuencia dentro de las campañas agrícolas. Estos impactan negativamente en los cultivos priorizados con efectos diferenciados según el evento climático y la fase fenológica en la cual se encuentra el cultivo.

Cebada grano y trigo

Según la percepción de los pobladores locales; las heladas, granizadas, lluvias intensas en períodos cortos y sequías tienen un mayor impacto durante las fases de espigado y floración (100%, 73,7%, 87,7% y 100% respectivamente). Los eventos climáticos adversos registrados, menos las lluvias intensas en períodos cortos, son también perjudiciales durante la fase de tercera hoja, macollaje y encañado (84,8%, 49,7% y 73,7% respectivamente). Finalmente, algunos entrevistados manifiestan que las lluvias intensas en períodos cortos y sequías afectan la fase de emergencia de plántulas (26,3% y 26,3% respectivamente) (Figura 48).

Figura 48. Percepciones locales sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre la emergencia (EM), crecimiento vegetativo (CV), crecimiento reproductivo (CR) y maduración (MM) del cultivo de cebada grano y trigo en el Distrito de Huando



Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

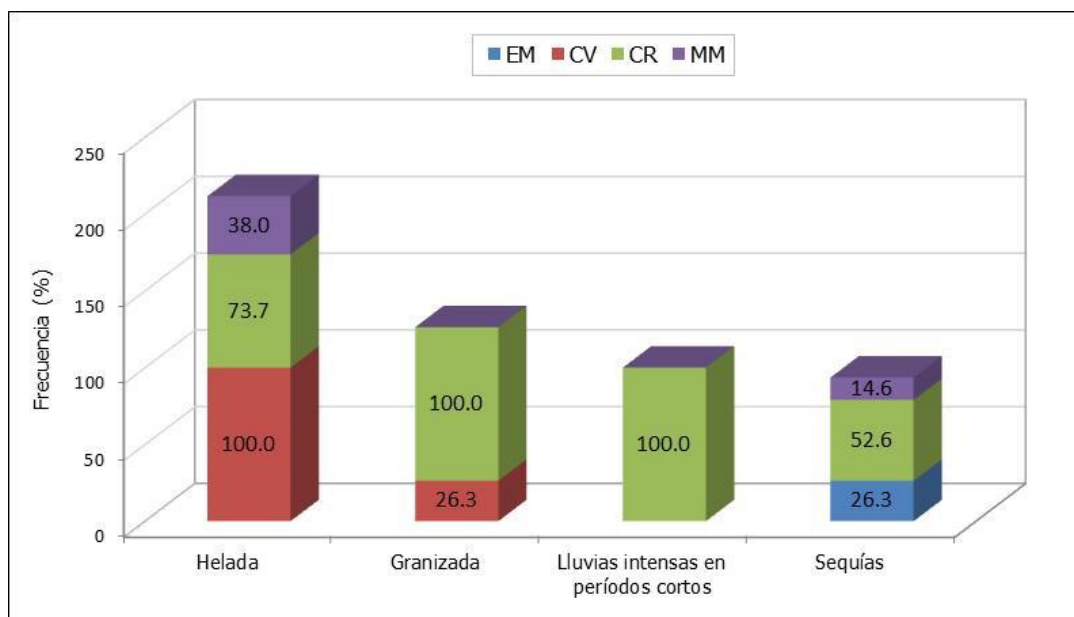
Haba

La percepción de los pobladores locales es que todos los eventos extremos son más perjudiciales cuando se presentan durante el crecimiento reproductivo del cultivo. Sin embargo, hay que precisar que muchos entrevistados manifiestan que las heladas y granizadas también perjudican el crecimiento vegetativo. Finalmente, en menor proporción manifiestan que hay un impacto sobre las plantas cuando las heladas se presentan en la fase de formación del fruto (38%) y las sequías en las fases de emergencia y formación del fruto (26,3% a 14,6%) (Figura 49).

Maíz amiláceo

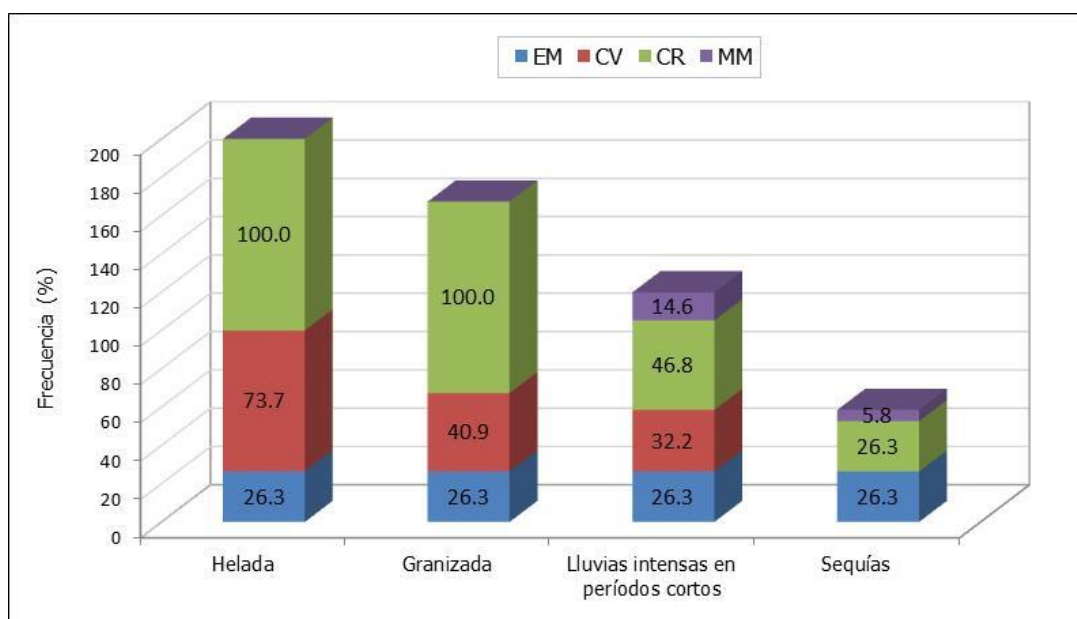
En general, las heladas, granizadas, lluvias intensas en períodos cortos y sequías son perjudiciales durante todo el período vegetativo del cultivo, siendo más perjudicial cuando se presenta durante el desarrollo y crecimiento de hojas, panojamiento y espigamiento. En menor frecuencia, algunos productores locales manifiestan que las lluvias intensas en períodos cortos (14,6%) y sequías (5,8%), a principios de la maduración, retrasan el proceso inicial de llenado de granos (Figura 50).

Figura 49. Percepciones locales sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre la emergencia (EM), crecimiento vegetativo (CV), crecimiento reproductivo (CR) y maduración (MM) del cultivo de haba grano en el Distrito de Huando



Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

Figura 50. Percepciones locales sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre la emergencia (EM), crecimiento vegetativo (CV), crecimiento reproductivo (CR) y maduración (MM) del cultivo de maíz amiláceo en el Distrito de Huando

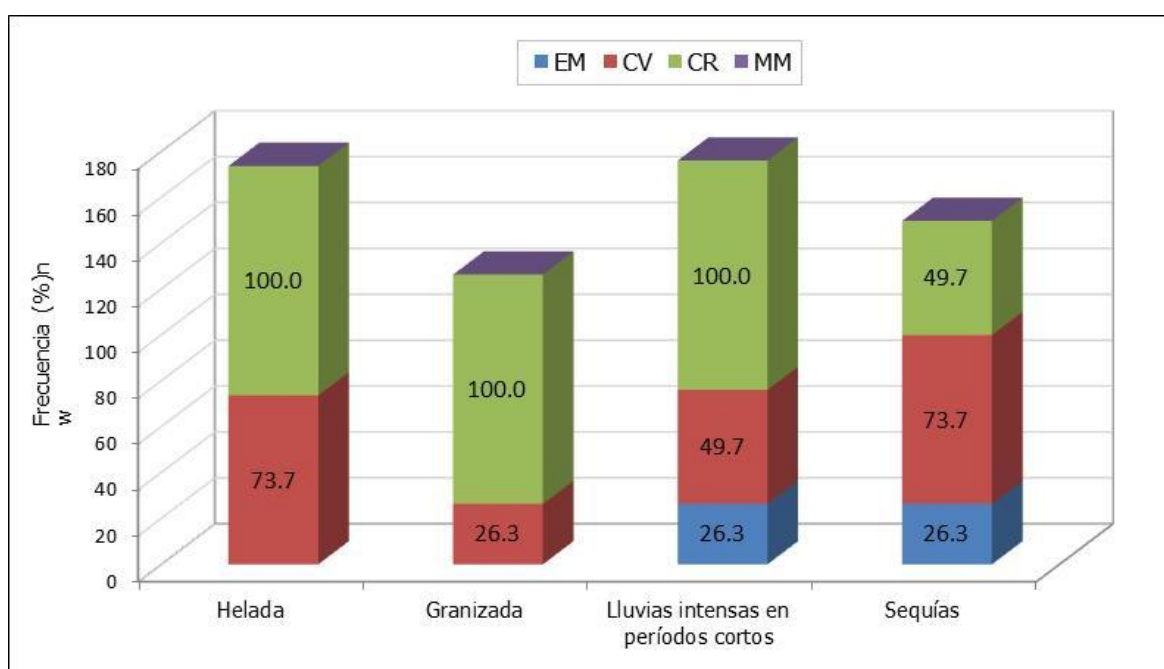


Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

Papa

Según la percepción de los pobladores locales, los eventos extremos como las heladas, granizadas, sequías, lluvias intensas en períodos cortos y sequías afectan en mayor proporción las fases fenológicas de brotes laterales (26,3% a 73,7%) y floración (49,7% a 100%), siendo esta última la más sensible de la planta porque, a nivel subterráneo, ocurre la emisión de estolones y el proceso de tuberización. Las lluvias intensas en períodos cortos y las sequías retrasan el crecimiento de las plantas cuando ocurren en la fase de brotamiento (Figura 51).

Figura 51. Percepciones locales sobre el impacto de los eventos climáticos extremos sobre la emergencia (EM), crecimiento vegetativo (CV), crecimiento reproductivo (FL) y maduración (MM) del cultivo de papa en el Distrito de Huando



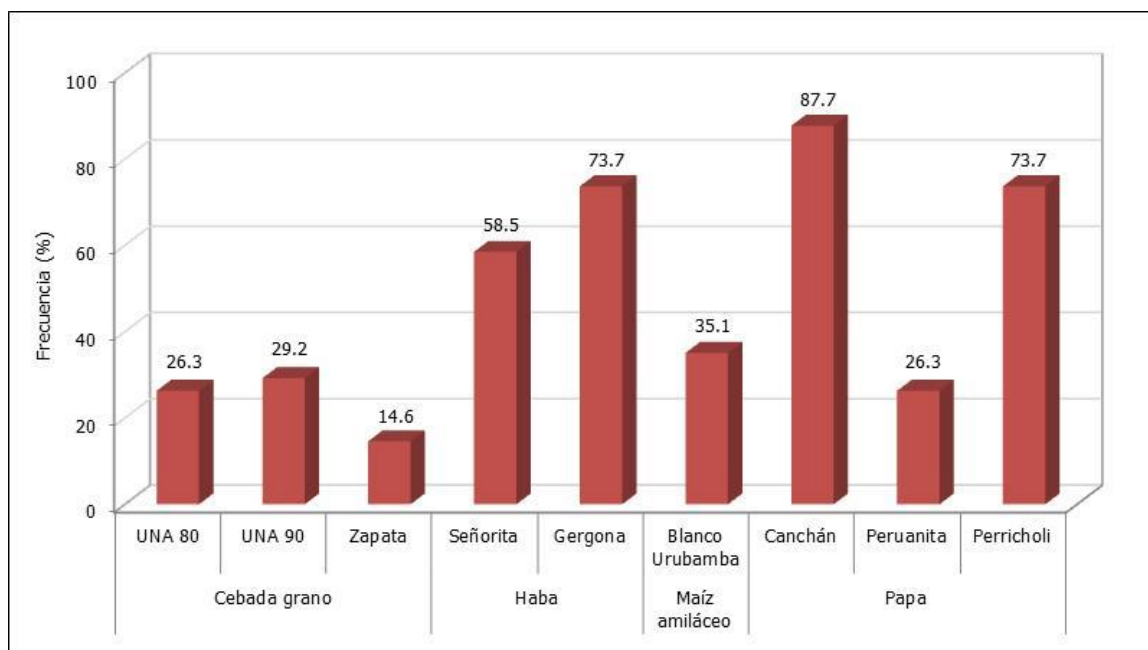
Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

7.3 PERCEPCIONES SOBRE VARIEDADES DE CULTIVOS SENSIBLES Y ADAPTADOS A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Ante la evidente percepción de los impactos de la variabilidad climática, la vulnerabilidad de los cultivos depende del tipo de cultivo, la variedad o cultivar, entre otros aspectos.

Según los pobladores entrevistados del Distrito de Huando, la variedad de cebada grano más sensible a la variabilidad climática es la "UNA 80", "UNA 90" y "Zapata"; de haba son el "Señorita" y "Gergona"; de maíz amiláceo es el "Blanco Urubamba"; finalmente de papa son la "Canchán" y "Peruanita" y "Perricholi" (Figura 52).

Figura 52. Variedades de cultivo de cebada grano, haba, maíz amiláceo y papa más sensibles a la variabilidad climática en el Distrito de Huando



Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

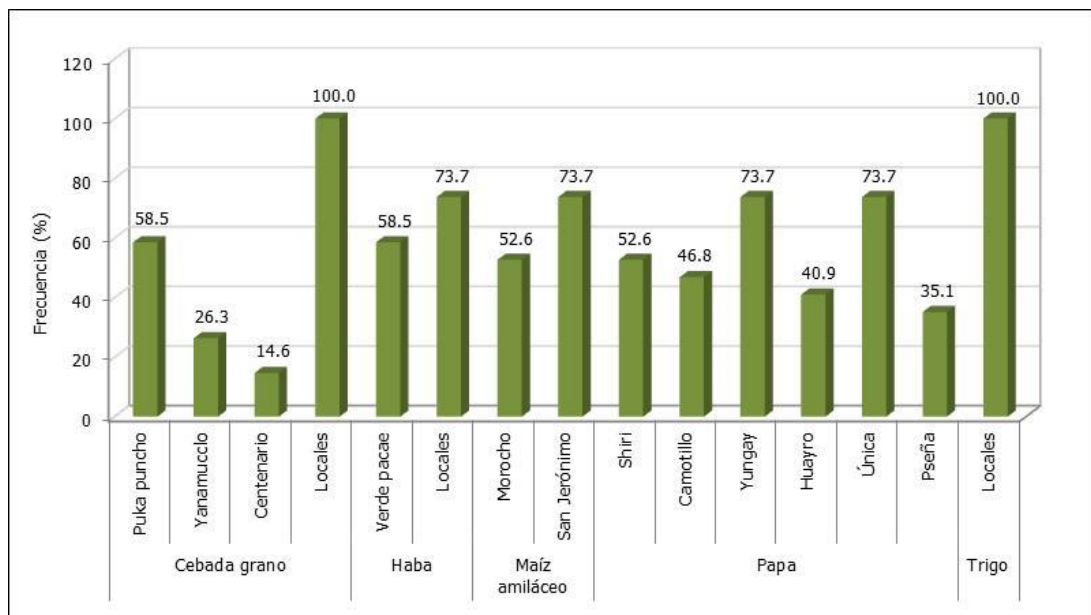
Las variedades adaptadas están referidas a aquellas que presentan un amplio rango de adaptación medioambiental, resistencia a plagas y altos rendimientos. En cebada grano se tiene al "Puka puncho", "Yanamucho", "Centenario" y variedades "locales"; en haba se tiene la "Verde Pacae" y variedades "locales"; en maíz amiláceo son el "Morochó" y "San Jerónimo"; en papa se tiene el "Shiri", "Camotillo", "Yungay", "Huayro", "Única" y "Pseña"; finalmente en trigo se tiene a variedades "locales" (Figura 53).

7.4 PERCEPCIONES SOBRE MEDIDAS PARA CONTRARRESTAR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

Los productores locales perciben como cambia el clima año tras año. En su quehacer diario observan los impactos de los eventos climáticos extremos en sus sistemas de producción agrícola.

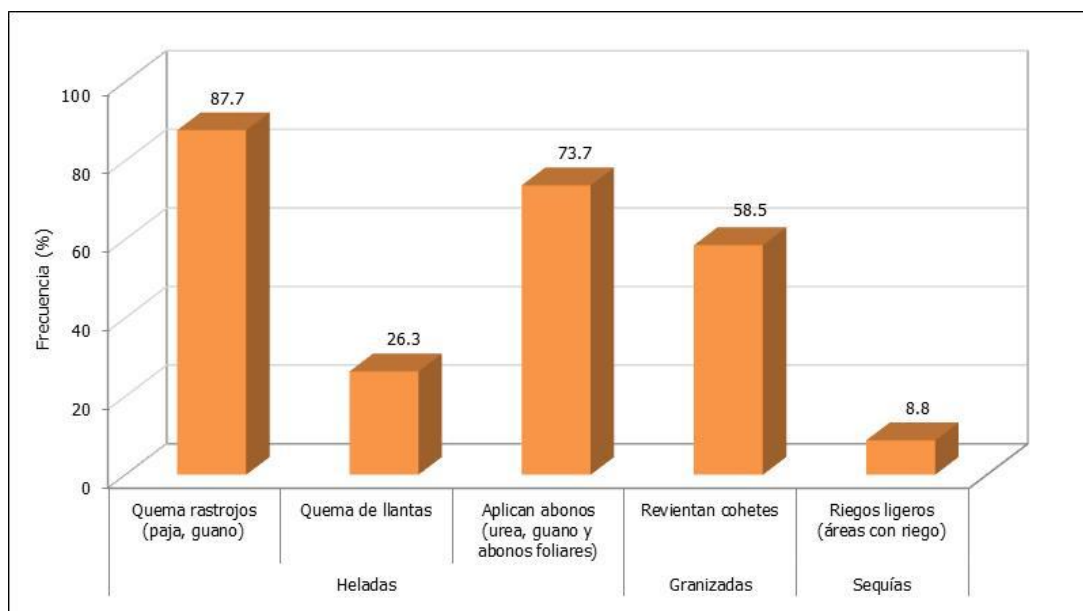
Los productores locales realizan quemados (rastros, guano o llantas) y aplican abonos al suelo (urea o guano de corral) o la planta (abonos foliares) cuando ocurren las heladas. Para las granizadas, los productores locales lanzan cohetes a fin de que revienten en el cielo. Finalmente, los productores locales aplican riego ligero cuando ocurren sequías pero solo en las áreas que cuentan con esta infraestructura (canales, reservorios, entre otros) (Figura 54).

Figura 53. Variedades de cultivo de cebada grano, haba, maíz amiláceo, papa y trigo más adaptados a la variabilidad climática en el Distrito de Huando



Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

Figura 54. Medidas tomadas por los productores locales para contrarrestar el impacto de los eventos climáticos extremos en el Distrito de Huando



Fuente: Talleres participativos con productores agrarios en el Distrito de Huando. Total de participantes: 171 (Pregunta con respuestas múltiples) Elaboración: SENAMHI

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalde, M., Chio, R., Macera, C., Ríos, Z. y Rodríguez, M. (1990). Especies agrosilvopastoriles para la zona altoandina. Proyecto ARBOLANDINO. Pomata, Perú. 207 pp.
- Allen, E.J. y Scott, R.N. (1980). An analysis of growth of the potato crop. J. Agric. Sci. Camb. Vol. (94): 583-606.
- Altet, A. (2006). Determinación de zonas potenciales para el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en los Departamentos de Cusco y Junín mediante el uso de teledetección. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 66 pp.
- Amorós, W. (1979). Relación entre niveles de heterocigocidad y adaptación a los trópicos húmedos en papas autotetraploides. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 82 pp.
- Arbizu, C. y Tapia, M. (1992). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. La agricultura andina: papas amargas. Colección FAO. Producción y protección vegetal. Roma, Italia. 399 pp.
- Baldión, J. (1987). Conceptos básicos y métodos de cálculo del balance hídrico. HIMAT. Bogotá, Colombia. 43 pp.
- Ballena, M. (1983). Cultivo de cebada y habas. Programa sectorial. Situación actual del cultivo de habas en el Perú. Puno-Perú.
- Barreto, C. (1997). Análisis de la agricultura en la provincia de Jauja. El caso de cultivo de cereales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.
- Bascur, G. (1993). En: Soberanía alimentaria y sistemas bolivianos andinos. Congreso Internacional de Cultivos Andinos XI. 2004. Cochabamba - Bolivia. Lenteja y el haba en América Latina: Su importancia, factores limitantes e investigación. Reporte Especial.
- Berger, J. (1967). El Maíz, su producción y abonamiento. Kansas City. USA. 204 pp.
- Borah, M. and Milthorpe, F. (1959). Growth of the Potato. Rp. Univ. Nottm. Sch. Agric. Nottm. pp. 41-45.
- Burgos, J.J. (1963). Las heladas en la Argentina. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, Argentina. Vol. 3. 388 pp.
- Camarena, F., Chiappe, L., Huaranga, A. y Mostacero E. (2003a). Fundamentos técnicos para el monitoreo, reacondicionamiento y valorización de cultivos y crianzas. Cultivo de arveja y haba. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Camarena, F., Chiappe, L., Huaranga, A. y Mostacero E. (2003b). Manual del cultivo de Haba. Caritas diocesana-Huancavelica. Universidad Nacional Agraria La Molina y Fondo Italooperuano. Lima, Perú.

Canahua, A. (1998). Producción y promoción de semilla de papas amargas en Puno. CEDECUM-CIP. Puno, Perú. 42 pp.

Cao, W. and Tibbits, T. W. (1995). Leaf emergence on potato stems in relation to thermal time. *Agron. J.* 87: 474-477.

CARE. (2007). Cadenas productivas de arveja y haba: Una experiencia en Acobamba-Huancavelica. Programa Redes Sostenibles para la Seguridad Alimentaria-REDESA. Lima, Perú. 98 pp.

Casseres, E. (1969). Producción de Hortalizas. Editorial IICA. Primera Edición. Lima, Perú. 280 pp.

Celis, J. (1996). Incidencia de la sequía en el Perú: Estrategias para superar esta limitante. INIA, E.E. Baños del Inca. Trabajo compilado por Edmeades, G., Bänziger, M., Mickelson, H. y Peña, C. En *Developing drought and low N-tolerant maize: proceedings of a symposium*. CIMMYT. El Batán, México. pp. 63-65.

Cepeda, M. y Gallegos, G. (2003). La papa: El fruto de la tierra. Editorial Trillas. Primera edición. México. 251 pp.

Chávez, A. (2003). Producción de semilla de maíz amiláceo con el sector informal en Perú. INIA-DGPSA. Ponencia presentada en el Taller: Producción de semilla y agrobiodiversidad. Disponible en: <http://www.preduza.org/alexander.htm> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

Chiappe, L. (1968). Cultivos alimenticios. Capítulo: Leguminosas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Copia mimeografiada. 118 pp.

Christiansen, J. (1967). El cultivo de la papa en el Perú. Primera edición. Lima, Perú. 342 pp.

CIP. (2008). La papa peruana. Proyecto INCOPA. CIP-COSUDE. Lima, Perú. 2 pp.

CIREN. (1989). Requerimientos de clima y suelo. Centro de Información de Recursos Naturales. Publicación CIREN N° 85. Santiago, Chile. 58 pp.

Collantes, R. (2007). Comparativo del rendimiento y calidad de cultivares mejoradas de cebada (*Hordeum Vulgare* L.) en dos localidades de la sierra central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.

Coronel, R. (2000). Caracterización de líneas dobles haploides de cebadas (*Hordeum Vulgare*) bajo condiciones de La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.

Cortbaoui, R. (1988). Siembra de papa. CIP. Boletín de información técnica N° 11. Lima, Perú. 19 pp.

Coulombe, J. (1983). En: Curso: Cultivo de cebada y habas. INIPA y CIP XV. Programa sectorial de capacitación. Alternativas tecnológicas de cultivo de cebada grano en relación a sistemas de rotación de cultivos en Puno. Puno, Perú.

De la Flor, E. (1969). Determinación de la temperatura óptima de germinación en semillas mejoradas de trigo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 62 pp.

De la Torre, F. 2003. Efecto del ácido giberélico (AG3) sobre el rendimiento de grano y sus componentes en haba (*Vicia faba* L.) cultivar INIA 401 Cusco. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Magíster Scientiae. Lima, Perú.

Del Carpio, R. (1983). Informe anual del Programa de Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 80 pp.

DGET. (1983). Manuales para producción agropecuaria, trigo, cebada y avena. Trillas. México.

Doorenbos, J. y Kassam, A.H. (1979). Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje Núm. 33. FAO. Roma, Italia. 212 pp.

DRA-Huancavelica. (2014). Estadísticas agrarias del Departamento de Huancavelica. Campañas 1999-00 al 2012-13. Dirección de Información Agraria. Huancavelica, Perú.

Egúsquiza, R. (2000). La papa: Producción, transformación y comercialización. CIMAGRAF S.R.L. Primera edición. Lima, Perú. 106 pp.

Ekanayake, I. (1994). Estudio sobre el estrés por sequía y necesidades de riego de la papa. CIP. Guía de investigación N° 30. Lima, Perú. 39 pp.

Ezeta, F. (1986). Aspectos fisiológicos de la producción de papa. V curso internacional sobre el cultivo de papa con énfasis en la producción de semilla. Huancayo, Perú. 29 pp.

Falconi, J. (2001). El trigo invernal en región altoandina del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 201 pp.

FAO (1975). Estudio agroclimático de la zona andina. Autores: Frere, M., Rijks J.Q. y Rea J. Proyecto FAO/UNESCO/OMM. Informe Técnico. 375 pp.

FAO. (1994). ECOCROP I. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Roma, Italia.

FAO. (2006a). World Referente Base For Soil Resources. A framework for international classification, correlation and communication.

FAO. (2006b). Evapotranspiración del cultivo. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Roma, Italia. 301 pp.

Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., Van den Boom, T., Weber, E. (1995) Phänologische entwicklungsstadien von gemüsepflanzen:

I. Zwiebel, wurzel, knollen and blattgemüse. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 47: 193-206.

Gómez, L. (2005). Curso de cereales menores y granos nativos. Universidad Nacional Agraria La Molina-Facultad de Agronomía. Lima, Perú.

Haverkort, A. J. (1982). Manejo del agua en la producción de papa. Boletín de Información Técnica 15. Centro Internacional de la Papa-CIP. 22 pp.

Huanco, V. (1991). Potencial de las papas amargas en el altiplano de Perú. INIAA-Puno. Mesa Redonda: Perú-Bolivia. La papa amarga. La Paz, Bolivia. pp. 25-26.

Huerta, A. (1987). El sistema de cultivo de papa en las comunidades altoandinas de Yauyos. Ponencia presentada en el Seminario: Sistemas agrarios. En: Políticas agrarias y estrategias campesinas en la cuenca de Cañete. Lima, Perú. pp. 129-159.

James, L. (1988). Principles of farm irrigation system design. John Wiley and Sons, Inc. USA. 543 pp.

Jara, J. (1993). Cultivo de trigo en la sierra del Perú. INIAA. Manual técnico. Lima, Perú. 69 pp.

Hack, H., H. Gall, Th. Klemke, R. Kloebe, U. Meyer, R. Stauss, and A. Witzemberger (1993). Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala mit Abbildungen. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. 45:11-19.

Horque, D. (1990). En: Seminario Mejoramiento y sistemas de producción de Haba XII. Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. IICA Pasto-Colombia, 1990. Informe sobre la producción e investigación en el cultivo de habas (*Vicia faba* L.) en el Perú. Lima, Perú.

Huerta, A. (1987). El sistema de cultivo de papa en las comunidades altoandinas de Yauyos. Ponencia presentada en el Seminario: Sistemas agrarios. En: Políticas agrarias y estrategias campesinas en la cuenca de Cañete. Lima, Perú. pp. 129-159.

INEI. (1994). III Censo Nacional Agropecuario. Cuadros estadísticos. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/bcoCuadros/IIIcenagro.htm> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

INEI (2011). Huancavelica: Compendio Estadístico Agrario de la Región Huancavelica 2000-2009. Gobierno Regional de Huancavelica. Dirección de Información Agraria. Tomo I. Disponible en: <http://es.calameo.com/read/0000750861e065b078c1f> (Fecha de consulta: Agosto del 2014).

INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Base de datos REDATAM. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

INEI. (2013). Compendio Estadístico del Perú. Sistema Estadístico Nacional. Tomo I. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú. 1523 pp.

INEI (2014). Directorio Nacional de Municipalidades Provinciales, Distritales y de Centros poblados. Disponible en: http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1159/index.html (Fecha de consulta: Agosto 2014).

INIPA-GTZ. (1983). Producción y comercialización de la cebada y demás cereales menores en la sierra del Perú. Proyecto: Fomento de la producción de cebada y otros cereales como sustitutos del trigo en la nutrición humana. Lima, Perú.

Jara, J. (1993). Cultivo de trigo en la sierra del Perú. INIAA. Manual técnico. Lima, Perú. 69 pp.

Kamisato, J. (1996). Evaluación de cinco genotipos de cebada bajo dos modalidades de siembra, en surcos y al voleo y dos densidades, bajo condiciones del valle de Mantaro. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.

Lancashire, P.D., H. Bleiholder, P. Langeluddecke, R. Stauss, T. van den Boom, E. Weber; A. Witzten-Berger (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* 119 (3): 561–601.

Ledesma, M. (2000). Climatología y meteorología agrícola. Editorial Paraninfo. 451 pp.

Lesur, L. (2005). Manual del cultivo de maíz: Una guía paso a paso. Editorial Trillas. Primera edición. México. 80 pp.

Llacsá, J. (2008). Conservación de los suelos y diversidad: El caso de los Mañay en Pitumarca. *Revista de Agroecología-LEISA*. pp. 32-354.

Loayza, D. (1993). Evaluación de dos tipos de mulch en los regímenes de humedad, temperatura del suelo y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Tomasa Condemayta. Tesis para optar el título de Ingeniero Meteorólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. Lima, Perú. 84 pp.

López, C., Egúsqüiza, R. y Villagómez, V. (1980). Cultivo de la papa. CENCIRA. Lima, Perú. 196 pp.

López, C. (1990). Determinación del uso consuntivo para cuatro cultivos en el Proyecto Majes- Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 61 pp.

López, L. (1991). Cereales. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. Vol. (1): 307-394.

Manrique, A. (1988). El maíz en el Perú. Fondo del libro, Banco Agrario. Lima. ONA. Perú: Maíz amiláceo en cifras 1970-1985 y anexo 1986-87. Lima, Perú.

Manrique, A. (1997). El maíz en el Perú. CONCYTEC. Segunda edición. Lima, Perú. 343 pp.

Martin, R. and Jamieson. (1996). Effect of timing and intensity of drought on the growth and yield of field peas (*Pisum sativum*). New Zeland Journal of Crop and Hort. Sci. (N.Z.). Vol. (24):167-174.

Menacho, E. (1992). Pronóstico de temperatura y precipitación y elaboración del calendario agrícola para Huayao-Huancayo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis de Ing. Meteorólogo. Lima, Perú.

Mendoza, A. (2007). Papa industrial en los valles interandinos. INCAGRO-IDESI. Manual técnico. Huánuco, Perú. 31 pp.

Midmore, D. (1988). Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación N° 24. CIP. Lima, Perú. 16 pp.

MINAG. (2012). Maíz amiláceo: Principales aspectos de la cadena agroproductiva. DGCA-DIA. Lima, Perú. 38 pp.

MINAG (2013). Trigo: Principales aspectos de la cadena agroproductiva. DGCA-DIA. Lima, Perú. 28 pp.

MINAGRI. (2014). Estadísticas agrarias del Departamento de Huancavelica. Campañas agrícolas 1999-00 al 2012-13. Dirección de Estadística e Información Agraria-Unidad de Estadística. Lima, Perú.

MISTI. (2001). Buena cosecha: Consideraciones generales en la fertilización del cultivo de papa. Departamento Técnico-Corporación Misti. Lima, Perú. 12 pp.

Molina, J., Mairena, B. y Nicaragua, K. (2004). Guía MIP en el cultivo de papa. INTA. Primera edición. Managua, Nicaragua. 60 pp.

Montaldo, A. (1984). Cultivo y mejoramiento de la papa. IICA. San José, Costa Rica. 676 pp.

OMM. (1992): Vocabulario meteorológico internacional. Organización Meteorológica Mundial. Segunda edición, OMM N° 182. Ginebra, Suiza.

Ochoa, C. (2001). Las papas de Sudamérica: Bolivia. IFEA-COSUDE-CIP. Primera edición. La Paz, Bolivia. 535 pp.

Ochoa, A. (2009). Influencia de la temperatura y precipitación en el cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) cv San Gerónimo y Blanco Urubamba en el valle del Mantaro. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Agronomía. Huancayo, Perú. 73 pp.

Orellana, A. y De la Cadena J. (1985). Cultivo del haba. Quito-Ecuador.

Prats, J. y Grandcourt, M. (1969). Los Cereales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 351 pp.

Puertas, F. (2002). Interacción entre la fertilización nitrógeno fosfatada y la densidad de siembra en el rendimiento y calidad choclera del maíz (*Zea mays* L.) cv San Gerónimo en

el valle del Mantaro. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post Grado. Especialidad de Producción Agrícola Lima, Perú. 62 pp.

Quevedo, K. y Sánchez, K. (2009). Comparación entre dos métodos de interpolación para la estimación de la temperatura del aire aplicando técnicas geoestadísticas. Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA (1), 90-107.

Rea, J. (2003). En: Soberanía Alimentaria y Sistemas Bolivianos Andinos. Congreso Internacional de Cultivos Andinos XI. 2004. Cochabamba-Bolivia. Biodiversidad de plantas alimenticias de Bolivia.

Rivera, U. (1973). Estudio comparativo de rendimiento entre variedades de habas. Pontificia Universidad Católica del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú.

Rojo, W. (2006). CropKit: Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad papa. SQM. The Worlwide Business Formula. Santiago, Chile. 87 pp.

Romero, L. (1990). Manual técnico del cultivo de trigo primaveral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Programa de Cereales. Lima, Perú. 26 pp.

Ruiz, J., Medina, G., Gonzales, I., Ortiz, C., Flores, H., Martínez, R. y Byerly, K. (1999). Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP. México. pp. 74-178.

Salinas, E. (2010). Aptitud agrícola en el Corredor Mantaro. FOVIDA.

Santibáñez, F. (1994). Crop requirements: Temperate crops. In: Hanbook of agricultural meteorology. J. F. Griffiths (Ed). Oxford Univ. Press. New York, USA. pp. 174-18.

Schrooder, R. (1966). Algunas ideas sobre la preparación de un mapa de distribución anual de la precipitación en el Perú. En boletín del Centro de Estudios Meteorológicos del Perú. 9 (1). Junio 1966. p. 3.

Sedano, R. (2008). Potencial de desarrollo en la sierra peruana. Ponencia presentada en el Congreso de la papa. Huancayo. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/congreso-de-la-papa/congreso-de-la-papa/2.html> (Fecha de consulta: Mayo 2014).

SENAMHI. (2010). Atlas de heladas del Perú. Publicado por la FAO. Lima, Perú. 130 pp.

SENAMHI. (2013). Atlas climático en la cuenca del río Urubamba-Proyecciones para el 2030. Proyecto Acelerado del Retroceso Acelerado de los Andes Tropicales- PRAA. Lima, Perú. 166 pp.

SENAMHI (2014). Sistema fenológico de cultivos-FenoSys.

Smith, O. (1977). Potatoes: production, storing, processing. 2nd. Edition The Avi. Publ. Co. West Port. Connecticut. 776 pp.

Soil Survey Division Staff (1993). Soil survey manual. Soil conservation service. U.S. Departament of agroculture handbook 18. Rev. 2010. EEUU.

Stewart, B.A y Nielsen, D.R. (1990). Irrigation of agricultural crops. ASA, CSSA, SSSA Publishers. Monograph N° 30. Madison, Wisconsin, USA. 2118 pp.

Tapia, M. y Fries, R. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO-ANPE. Lima, Perú. 209 pp.

Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R. (1957). Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publication in Climatology. Vol. (10): 185-311.

Torres, R. (2011). Comunicación personal. Especialista del PNIA en raíces y tuberosas. INIA-EEA Santa Ana. Huancayo, Perú.

Trebejo, I. y Díaz, A. (1998). Análisis de la precipitación en el Perú durante 1993 a 1997. SENAMHI. 108 pp.

University of Reading. (2014). Instat version 3.36. Statistical Service Centre. Disponible en: http://www.reading.ac.uk/ssc/n/n_instat.htm (Fecha de consulta: Mayo 2014).

Valdez, A. (1977). Adaptación y requerimientos ambientales del maíz. I Curso de maíz amiláceo en la sierra. Lima, Perú. pp. 48-53.

Valadez, L. (1992). Producción de hortalizas. Editorial Limusa. México. 298 pp.

Valdiviezo, L. y Montoya, R. (1985). Estudios básicos para el programa de control biológico en maíz en el Callejón de Huaylas. IICA Perú-INIPA. Publicación miscelánea N° 619. Lima, Perú. 33 pp.

Villegas, E. y Rosas V. (1989). Topoclimatología de las temperaturas mínimas y frecuencia de heladas. En: Estudio Agrometeorológico del valle del río Mantaro. Dirección General de Agrometeorología. SENAMHI. Lima, Perú. pp. 25-95.

Van Dam, J., Kooman, P.L. and Struik, P.C. (1996). Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (*Solanum tuberosum* L.). Potato research. Vol. (39): 51-62.

Wells, N. (2003). Documentation of the original and self-calibrating Palmer Drought Severity Index used in the Nat. Agr. Decision Support System. University of Nebraska, Lincoln. USA.

Weber, E. and H. Bleiholder (1990). Erläuterungen zu den BBCH-Dezimal-Codes für die Entwicklungsstadien von Maíz, Raps, Faba-Bohne, Sonnenblume und Erbse-mit Abbildungen. Gesunde Pflanzen 42: 308-321.

Wilhite, D. A. and Glantz, M. H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International 10: 111-120.

Villanueva, R. (1974). Cultivo de trigo en el Perú. Ministerio de Agricultura. DGPA. Boletín N° 23. Lima, Perú.

Yuste, P. (1997). Horticultura. In: Biblioteca de la agricultura. Idea Books. Barcelona, España. pp: 531-768.

Zarak, A. (1963). Estudio comparativo de calidad de 24 variedades e híbridos de trigo sembrados en la costa y sierra. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima, Perú. 98 pp.